

# Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten  
Naturwissenschaften

zu

**Marburg**

---

BUREAU OF  
AMERICAN ETHNOLOGY.  
JUL 1 1912  
LIBRARY

**Jahrgang 1911**

---

**Marburg**

Kommissionsverlag der N. G. Elwert'schen Verlagsbuchhandlung  
1912.



# Sitzungsberichte

der

**Gesellschaft zur Beförderung der gesamten  
Naturwissenschaften**

zu

**M a r b u r g**

---

**Jahrgang 1911**

---

**M a r b u r g**  
Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch  
1912.

## Inhalts=Angabe.

	Seite
Herr <i>K. André</i> : Über die geologische Bedeutung des Drucks wachsender Kristalle und die Frage nach dessen physikalischer Erklärung . . . . .	1
Herr <i>F. A. Schulze</i> : Über das Verhalten einiger Reihen von Edelmetall-Legierungen zum Gesetz von Wiedemann u. Franz . .	10
Herr <i>A. Wegener</i> : Untersuchungen über die Natur der obersten Atmosphärenschichten . . . . .	13
Herr <i>C. Tönniges</i> : Die Trichocysten von <i>Frontonia leucas</i> und ihr chromidialer Ursprung . . . . .	37
Herr <i>W. Harms</i> : Über den Einfluß des kastrierten auf den normalen Komponenten bei Parabiose von <i>Rana</i> . . . . .	51
Herr <i>W. Harms</i> : Bemerkungen zu einer Demonstration von Ovarialtransplantation auf fremde Species bei Lumbriciden und Tritonen . . . . .	61
Herr <i>Römer</i> : Über den Erreger der Meerschweinchenlähme . .	61
Herr <i>Berlin</i> : Über zwei neue Apparate für den Laboratoriumsgebrauch . . . . .	73
Herr <i>W. Bieber</i> : Weitere Untersuchungen über die Kondensation des Wasserdampfes. Wirkung des Sonnenlichtes auf die Atmosphäre. Die blaue Farbe des Himmels im ursächlichen Zusammenhang mit dieser Wirkung . . . . .	78
Herr <i>Rubbel</i> : Über Perlen und Perlenbildung in Süßwassermuscheln	87
Herr <i>Gürber</i> : Warum gerinnt gekochte Milch nicht durch Lab .	87
Herr <i>Gürber</i> : Vacuolenbildung in roten Blutkörpern durch Extrakte aus Blutkörpern oder aus andern Zellen . . . . .	87
Herr <i>Gürber</i> : Endocelluläre Hämoglobinkristallisation . . . .	87
Herr <i>Krümme</i> : Die Ergebnisse der internationalen Meeresforschung	87
Aufgelegte Schriften, Seite 35, 36, 72, 88.	

# Verzeichnis der Mitglieder<sup>\*)</sup>

(am Schluß des Jahres 1911).

## Ehrenmitglieder.

<i>Retzius, Gustav</i> , Prof. emerit. der Anatomie, Stockholm . . . . .	18.	1.	99.
<i>Marchand, Felix</i> , Dr. med., o. Prof. d. path. Anat., Geh. Med.-Rat, Leipzig . . . . .	9.	1.	01.
<i>Hittorf, Wilhelm</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Physik, Geh. Reg.- Rat, Münster . . . . .	19.	11.	01.
<i>Graf Zeppelin</i> , Dr. ing., Exzellenz, Friedrichshafen . . . . .	5.	8.	08.
<i>Mannkopff, Emil</i> , Dr. med., o. Prof. d. inn. Med., Geh. Med.-Rat	12.	7.	11.

## Einheimische Mitglieder.

### A. Ordentliche.

<i>Ahlfeld, Friedrich</i> , Dr. med., o. Prof. der Gynäkologie, Geh. Med.-Rat . . . . .	11.	7.	83.
<i>Bach, Ludwig</i> , Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie . . . . .	28.	11.	00.
<i>Bauer, Max</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Mineralogie, Geh. Reg.-Rat	11.	3.	85.
<i>v. Behring, Emil</i> , Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Wirkl. Geh. Rat . . . . .	15.	5.	95.
<i>Bonhoff, Heinrich</i> , Dr. med., o. Prof. der Hygiene . . . . .	9.	3.	04.
		(8.	11. 99)
<i>Diels, Ludwig</i> , Dr. phil., a. o. Prof. der Botanik . . . . .	28.	6.	11.
		(28.	7. 09)
<i>Disse, Joseph</i> , Dr. med., o. Honorar-Professor d. Anatomie und I. Prosektor . . . . .	13.	11.	95.
<i>Feussner, Wilhelm</i> , Dr. phil., a. o. Prof. der Physik . . . . .	14.	7.	81.
		(10.	6. 69)
<i>Gasser, Emil</i> , Dr. med., o. Prof. d. Anatomie, Geh. Med.-Rat	27.	1.	88.
		(16.	7. 74)

\*) Die Daten bedeuten den Tag der Ernennung, die in Parenthese gesetzten Daten den Tag der Ernennung zum außerordentlichen Mitglied.

## IV

<i>Gürber, August</i> , Dr. med. et phil., o. Prof. d. Pharmakologie	28.	6.	11.
		(9.	12. 08)
<i>Hensel, Kurt</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik . . . .	10.	12.	02.
<i>Kayser, Emanuel</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Geologie, Geh. Reg.-Rat	13.	1.	86.
<i>Korschelt, Eugen</i> , Dr. phil., o. Prof. der Zoologie . . . .	26.	7.	93.
<i>Krümmel, Otto</i> , Dr. phil., o. Prof. der Geographie, Geh. Reg.-Rat . . . . .	10.	5.	11.
<i>Kutscher, Friedrich</i> , Dr. med., a. o. Prof. der Physiologie	12.	2.	08.
		(16.	2. 98)
<i>Matthes, Max</i> , Dr. med., o. Prof. der inneren Medizin . .	28.	6.	11.
<i>Meyer, Arthur</i> , Dr. phil., o. Prof. der Botanik . . . . .	4.	11.	91.
<i>Neumann, Ernst</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik . . .	8.	5.	07.
		(13.	12. 05)
<i>Ostmann, Paul</i> , Dr. med., Prof. der Otologie . . . . .	13.	11.	95.
<i>Rathke, Bernhard</i> , Dr. phil., o. Hon.-Prof. der Chemie . .	14.	3.	84.
<i>Richarz, Franz</i> , Dr. phil., o. Prof. der Physik . . . . .	15.	5.	01.
<i>Römer, Paul</i> , Dr. med., a. o. Prof. der Hygiene . . . . .	28.	6.	11.
		(9.	2. 04)
<i>Schenck, Friedrich</i> , Dr. med., o. Prof. d. Physiologie . .	15.	5.	01.
<i>Schmidt, Ernst</i> , Dr. phil., o. Prof. der pharm. Chem., Geh. Reg.-Rat . . . . .	11.	3.	85.
<i>Schmidt, Martin</i> , Dr. med., o. Prof. der path. Anatomie .	28.	6.	11.
<i>Schulze, Franz Arthur</i> , Dr. phil., Prof., Priv.-Doz. d. Physik	5.	8.	08.
		(31.	7. 01)
<i>Tuczek, Franz</i> , Dr. med., o. Prof. d. Psychiatrie, Geh. Med.-Rat	15.	5.	95.
		(14.	3. 90)
<i>Zincke, Theodor</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Chemie, Geh. Reg.-Rat	13.	1.	76.
<i>Zangemeister, Wilhelm</i> , Dr. med., o. Prof. der Gynäkologie	28.	6.	11.

### B. Ausserordentliche.

<i>Andrée, Karl</i> , Dr. phil., Priv.-Dozent . . . . .	4.	2.	11.
<i>Berlin, Ernst</i> , Dr. phil., Assistent am physiol. Institut . .	28.	6.	11.
<i>Bruns, Oskar</i> , Dr. med., Priv.-Doz., Oberarzt d. med. Klinik	28.	6.	11.
<i>v. Dalwigk, Friedrich</i> , Dr. phil., Prof., Priv.-Dozent der Mathematik . . . . .	9.	5.	00.
<i>v. Drach, Alhard</i> , Dr. phil., a. o. Prof. der Mathematik . .	11.	7.	66.
<i>Fischer, Guido</i> , Dr. med., Prof., Direktor d. Zahnklinik . .	28.	6.	11.
<i>Flade, Friedrich</i> , Dr. phil., Priv.-Doz. für Chemie . . . .	4.	8.	10.
<i>Fries, Carl</i> , Dr. phil., Abteilungsvorsteher am chem. Institut	9.	3.	04.
<i>Grüter, Wilhelm</i> , Dr. med., Priv.-Dozent, Assistent an der Augenklinik . . . . .	28.	6.	11.

V

<i>Harms, Wilhelm</i> , Dr. phil., Priv.-Dozent für Zoologie . . .	7.	6.	10.
<i>Hellinger, Ernst</i> , Dr. phil., Priv.-Dozent . . . . .	12.	1.	10.
<i>Herrmann, F.</i> , Dr. phil., Assistent am geol. Institut . . .	1.	3.	11.
<i>Heyde</i> , Dr. med., Priv.-Doz., Assistent a. d. chirurg. Klinik	7.	6.	10.
<i>Hildebrand, Heinrich</i> , a. o. Professor der gerichtl. Medizin	14.	12.	04.
<i>Jahrmärker, Max</i> , Dr. med., Prof., Priv.-Dozent, Oberarzt der psychiatr. Klinik . . . . .	9.	2.	04.
<i>Kaufmann</i> , Hauptmann . . . . .	13.	12.	11.
<i>Keller, Oskar</i> , Dr. phil., Prof., Abteilungsvorsteher am pharm. Institut . . . . .	28.	6.	11.
<i>Krauss, Wilhelm</i> , Dr. med., Prof., Priv.-Doz. d. Augenheilkunde	10.	7.	07.
<i>Lohmann, Alfred</i> , Dr. med., Prof., Priv.-Doz. d. Physiologie	8.	2.	05.
<i>Müller, Eduard</i> , Dr. med., a. o. Prof., Direktor der med. Poliklinik . . . . .	9.	2.	10.
<i>Reissert, Arnold</i> , Dr. phil., Prof., Priv.-Doz. der Chemie .	11.	2.	03.
<i>Rieländer, August</i> , Dr. med., Prof., Privat-Dozent der Gynäkologie . . . . .	13.	6.	06.
<i>Rühl, Alfred</i> , Dr. phil., Priv.-Dozent . . . . .	28.	7.	09.
<i>Schenck, Martin</i> , Dr. med. et phil., Assistent a. pharm. Inst.	28.	6.	11.
<i>Schwantke, Arthur</i> , Dr. phil., Priv.-Dozent, Assistent am mineral. Institut . . . . .	21.	6.	99.
<i>Siebert, Carl</i> , Dr. phil., Chemiker . . . . .	14.	5.	02.
<i>Stuchtey, Karl</i> , Dr. phil., Assistent am physik. Institut . .	9.	12.	08.
<i>Take, Emil</i> , Dr. phil., Assistent am physik. Institut . . .	9.	12.	08.
<i>Thiel, Alfred</i> , Dr. phil., a. o. Prof. der physik. Chemie . .	10.	5.	11.
<i>Tönniges, Carl</i> , Dr. phil., Prof., Assistent am zoolog. Institut	16.	2.	98.
<i>Veit, Otto</i> , Dr. med., Priv.-Doz., II, Prosektor . . . . .	28.	7.	09.
<i>Wegener, Alfred</i> , Dr. phil., Priv.-Dozent . . . . .	28.	7.	09.

**Auswärtige Mitglieder.\*)**

<i>Ach, Narciss</i> , Dr. med. et phil., Professor der Philosophie, Königsberg . . . . .	(8.	2.	05)
<i>Ackermann, Dankwart</i> , Dr. med., Privat-Dozent der Phy- siologie, Würzburg . . . . .	(5.	8.	08)
<i>Aschoff, Ludwig</i> , o. Prof. der patholog. Anatomie, Frei- burg i. Br. . . . .	17.	6.	03.
<i>Axenfeld, Theodor</i> , Dr. med., o. Prof. der Ophthalm., Frei- burg i. Br. . . . .	(15.	1.	96)

\*) Die mit einem \* bezeichneten sind korrespondierende, die sämtlichen übrigen ehemalige einheimische Mitglieder.

## VI

<i>Barth, Adolf</i> , Dr. med., o. Prof. der Otologie, Leipzig . . .	4. 11. 91.
<i>Barth, Arthur</i> , Dr. med., Prof., Oberarzt, Danzig . . . . .	(13. 11. 95)
<i>Böhm, Rud.</i> , Dr. med., o. Prof. d. Pharm., Geh. Med.-Rat, Leipzig	20. 5. 81.
<i>Borrmann, Robert</i> , Dr. med., Prof., Priv.-Dozent der path. Anatomie, Göttingen . . . . .	(14. 5. 02)
<i>Brauer, August</i> , Dr. phil., Professor, Direktor des natur- historischen Museums, Berlin . . . . .	17. 5. 99. (17. 6. 96)
<i>Brauer, Ludolf</i> , Dr. med., o. Prof., Direktor d. med. Klinik in Hamburg-Eppendorf . . . . .	(14. 12. 04)
<i>Braun, Ferdinand</i> , Dr. phil., o. Prof. der Physik, Straßburg	(8. 2. 78)
<i>Brauns, Reinhard</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Bonn	(27. 1. 88)
<i>Buchholz, Adolf</i> , Dr. med., Prof., Oberarzt, Hamburg . . .	8. 12. 97.
<i>Busz, Carl</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Münster . . .	(19. 6. 95)
<i>Dietrich, Theodor</i> , Dr. phil., Prof., Geh. Reg.-Rat, Hannover	(15. 1. 96)
<i>Drevermann, Fritz</i> , Dr. phil., Priv.-Dozent, Frankfurt . . .	(11. 2. 03)
<i>Enderlen, Eugen</i> , Dr. med., Prof. der Chirurgie, Würzburg	12. 2. 97.
<i>Falk, Ferdinand August</i> , Dr. med., a. o. Prof. d. Pharm., Kiel	28. 4. 75.
<i>Fraenkel, Carl</i> , Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Halle . . .	4. 11. 91.
<i>Friedrich, Paul</i> , Dr. med., o. Prof. der Chirurgie, Geh. Reg.- Rat, Königsberg . . . . .	12. 2. 08.
<i>Friäter, Rudolf</i> , o. Prof. der Mathematik, Basel . . . . .	(3. 5. 07)
<i>Gadamer, Johannes</i> , Dr. phil., o. Prof. der pharmazeut. Chemie, Breslau . . . . .	(9. 3. 98)
<i>Goebel, Carl</i> , Dr. phil., o. Prof. der Botanik, München . . .	27. 1. 88.
<i>Haselhoff, Emil</i> , Dr. phil., Prof., Direktor der landw. Ver- suchsstation, Cassel . . . . .	(11. 2. 03)
<i>Häcker, Rudolf</i> , Dr. med., Prof., Oberarzt d. chirurg. Klinik, Königsberg . . . . .	(7. 6. 10)
<i>Heffter, Arthur</i> , Dr. phil. et med., o. Prof. der Pharma- kologie, Berlin . . . . .	14. 11. 06.
<i>Heine, Leopold</i> , o. Prof. der Ophthalmologie, Kiel . . . . .	(18. 1. 99)
<i>Hermann, Theodor</i> , Dr. phil., Hanau . . . . .	(2. 7. 68)
<i>Hess, Carl</i> , Dr. med., o. Prof. der Ophthalmol., Würzburg	11. 11. 96.
<i>Hess, Otto</i> , Dr. med., Prof., Oberarzt, Posen . . . . .	(25. 6. 02)
* <i>Heusler, Fritz</i> , Dr. phil., Dillenburg . . . . .	8. 2. 05.
<i>Jung, Heinrich</i> , Dr. phil., Privat-Dozent der Mathematik, Oberlehrer, Hamburg . . . . .	13. 12. 05.
<i>v. Koenen, Adolf</i> , Dr. phil., o. Professor der Geologie, Geh. Berg-Rat, Göttingen . . . . .	28. 4. 75.
<i>Kossel, Albrecht</i> , Dr. med., o. Prof. der Physiol., Heidelberg	15. 5. 95.
<i>Krehl, Ludolf</i> , Dr. med., o. Prof. d. inn. Medizin, Heidelberg	8. 11. 99.

## VII

<i>Küster, Fr. Wilh.</i> , Dr. phil., o. Prof., Gutsbes., Müncheberg bei Berlin . . . . .	(26. 7. 93)
<i>Küster, Ernst</i> , Dr. med., o. Prof. der Chirurgie, Geh. Reg- Rat, Berlin . . . . .	4. 11. 91.
<i>Küttner, Hermann</i> , Dr. med., o. Prof. der Chirnrng., Breslen	2. 8. 05.
<i>Loewi, Otto</i> , Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Graz .	(15. 5. 01)
<i>Lotz, Heinrich</i> , Dr. phil., Geologe, Berlin . . . . .	(13. 12. 99)
<i>Meisenheimer, Johannes</i> , Dr. phil., a. o. Prof. d. Zoologie, Jena	5. 8. 08. (16. 9. 98)
<i>Meyer, Hans</i> , Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Wien	11. 3. 85.
<i>Müller, Friedrich</i> , Dr. med., o. Prof. der inn. Med., München	26. 4. 98.
<i>Neide, Ernst</i> , Dr. phil., Allstedt, Großherzogtum Sachsen	(13. 1. 04)
<i>Noll, Alfred</i> , Dr. med., a. o. Prof., Jena . . . . .	(16. 2. 95)
<i>Oestreich, Carl</i> , Dr. phil., o. Prof. der Geographie, Utrecht	(9. 3. 04)
<i>Opitz, Erich</i> , Dr. med., Prof., Direkt. d. Frauenkl., Düsseldorf	(13. 1. 04)
<i>Pfannkuch, Wilhelm</i> , Dr. med., prakt. Arzt, Cassel . . .	(17. 1. 72)
<i>Pfeffer, Wilh.</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Botanik, Geh. Hofrat, Leipzig	(27. 4. 71)
<i>Plate, Ludwig</i> , Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Jena . .	(27. 1. 88)
<i>Plenge, Enriquez</i> , Dr. med., Heidelberg . . . . .	(7. 3. 99)
<i>Ransom, Frederick</i> , Dr. med., Cambridge . . . . .	(7. 3. 99)
* <i>Rehn, Joh. Heinrich</i> , Dr. med., San.-Rat, Frankfurt a. M.	26. 11. 80.
<i>Rein, Johannes</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Geogr., Geh. Reg.-Rat, Bonn	1. 12. 76.
<i>Ribbert, Hugo</i> , Dr. med., o. Prof. d. pathol. Anatomie, Bonn	20. 6. 00.
<i>Romberg, Ernst</i> , Dr. med., o. Prof. der klin. Medizin, Tübingen	20. 5. 00.
<i>Rost, Eugen</i> , Dr. med., Regierungsrat, Berlin . . . . .	(16. 2. 98)
<i>Rubner, Max</i> , Dr. med., o. Prof. d. Physiol., Geh. Med.-Rat, Berlin	13. 1. 86.
<i>Rumpf, Theodor</i> , Dr. med., Professor, Bonn . . . . .	14. 3. 90.
<i>Rupp, Erwin</i> , Dr. phil., a. o. Prof. für Pharmazie, Königsberg	(14. 12. 04)
<i>Ruppel, Wilhelm</i> , Dr. phil., Professor, Höchst . . . . .	(18. 7. 00)
<i>Sauerbruch, Ferd.</i> , Dr. med., o. Prof. der Chirurgie, Zürich	7. 6. 10.
<i>Schaum, Carl</i> , Dr. phil., a. o. Prof. d. physik. Chemie, Leipzig	13. 12. 05.
<i>Schenck, Rudolf</i> , Dr. phil., o. Prof. d. physik. Chemie, Breslau	(11. 8. 97)
<i>Schmidt-Rimpler, Hermann</i> , Dr. med., o. Prof. der Ophthal- mologie, Geh. Med.-Rat, Halle . . . . .	15. 11. 71.
<i>Schöne, Georg</i> , Dr. med., Priv.-Doz. f. Chirurgie, Greifswald	(7. 6. 10)
<i>Schottelius, Max</i> , Dr. med., o. Prof. d. Hyg., Hofrat, Freiburg i. B.	(11. 7. 79)
<i>Schottky, Friedrich</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathem., Berlin	15. 5. 95.
<i>Schridde, Hermann</i> , Dr. med., Prof., Privat-Dozent der pathol. Anatomie, Freiburg i. Br. . . . .	(13. 12. 05)
<i>Schwenkenbecher, Alfred</i> , Dr. med., Prof., Direktor der med. Klinik, Frankfurt a. M. . . . .	(13. 5. 08)
<i>Seddig, Max</i> , Dr. phil., Frankfurt . . . . .	(17. 6. 03)

## VIII

<i>Seemann, John</i> , Dr. med., Prof., Priv.-Dozent der Physiologie, München . . . . .	(5. 6. 02)
<i>Siemens, Friedrich</i> , Dr. med., Geh. Med.-Rat, Direktor der Landes-Irrenanstalt Lauenburg i. P. . . . .	(19. 12. 79)
* <i>Speck, Carl</i> , Dr. med., San.-Rat, Kreis-Physik., Dillenburg	5. 4. 71.
<i>Stoeckel, Walter</i> , Dr. med., o. Prof., Direktor der gynäkol. Klinik, Kiel . . . . .	5. 8. 08.
<i>Strahl, Hans</i> , Dr. med., o. Prof. der Anatomie, Gießen . .	27. 1. 88. (14. 12. 80)
<i>Straub, Walther</i> , Dr. med., o. Prof. der Pharmakol., Freiburg	(13. 12. 05)
<i>Study, Eduard</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik, Bonn .	(14. 3. 90)
<i>Thumb, Albert</i> , o. Prof. der indog. Sprachen, Straßburg	(14. 2. 06)
<i>Uthoff, Wilhelm</i> , Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Breslau . . . . .	4. 12. 91.
<i>Weber, Heinrich</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Mathematik, Straßburg	11. 3. 85.
<i>Wendel, Walther</i> , Dr. med., Prof., Direktor des städtischen Krankenhauses, Magdeburg-Sudenburg . . . . .	(12. 2. 02)
<i>Wernicke, Erich</i> , Dr. med., Prof., Direktor des hygien. Instituts in Posen . . . . .	16. 2. 98. (10. 2. 97)

### Der Vorstand.

*E. Korschelt*, Vorsitzender.                      *Fr. Kutscher*, ständiger Schriftführer.

### Engerer Ausschuss.

*F. Richarz*, stellvertr. Vorsitzender.                      *E. Neumann, F. Schenk*.



# Sitzungsberichte

der  
Gesellschaft zur Beförderung der  
gesamten Naturwissenschaften

zu  
MARBURG

---

---

Nr. 1

Mai

1911

---

---

In der Sitzung vom 10. Mai 1911 sprach Herr  
K. Andréé:

## Ueber die geologische Bedeutung des Drucks wachsender Kristalle und die Frage nach dessen physikalischer Erklärung.

Gelegentlich der Diskussion gewisser Umwandlungen der Sedimente<sup>1)</sup> hatte ich auch die Bedeutung der „Kristallisationskraft“ für die Ausgestaltung derselben zu Gesteinen betont. Seitdem sind zwei Arbeiten erschienen, welche diese Kraft von allgemeineren Gesichtspunkten aus ins Auge fassen. Franz Ed. Suess<sup>2)</sup> hat in einer Arbeit über „Die Bildung der Karlsbader Sprudelschale unter Wachstumsdruck der Aragonitkristalle“ eine grosse Zahl von Angaben älterer Forscher über den „Wachstumsdruck der Kristalle“ zusammengestellt, was wegen der grossen Zerstreuung der Literatur recht wertvoll ist. Später ist, und zwar unabhängig von dieser Arbeit, durch W. Bornhardt

---

1) Vergl. dazu K. Andréé. Die Diagenese der Sedimente, ihre Beziehungen zur Sedimentbildung und Sedimentpetrographie. Geologische Rundschau, II., Leipzig 1911.

2) Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien, II., 1909 p. 392 bis 444, Taf. X bis XV.

derselbe Gegenstand behandelt worden, besonders mit Rücksicht auf die Wirkung, welche der Druck wachsender Kristalle nach Annahme vieler Forscher auf die Weite von Gangspalten ausübt.<sup>1)</sup> Es kann nicht meine Absicht sein, an dieser Stelle die Angaben dieser beiden Autoren zu wiederholen.<sup>2)</sup> Ich möchte vielmehr hier nur über ein Beispiel des Wirkens der fraglichen Kraft berichten, das ich gelegentlich einer Exkursion des vorjährigen internationalen Geologenkongresses im schwedischen Oberkambrium zu beobachten Gelegenheit hatte. Am Westfusse des allen Geologen bekannten Tafelberges Kinnekulle in Westergötland, dessen Geologie Holm und Munthe<sup>3)</sup> geschrieben haben, werden in langgestreckten Brüchen die stark bituminösen Alaunschiefer des Oberkambrium ausgebeutet, um als Brennmaterial für die zwischengelagerten Stinkkalkbänke zu dienen. Dieses geschieht in sehr primitiver Weise, indem innerhalb im Viereck aus losen Platten aufgeschichteter Mauern abwechselnde Lagen von Alaunschiefer und Stinkkalk über einer dünnen Lage Brennholz aufgehäuft werden, dieses angezündet wird und das Ganze längere Zeit sich selber überlassen bleibt. In diesen Alaunschiefern liegen ausser den erwähnten Stinkkalkbänken noch linsenförmige Lagen und grosse Konkretionen von grobspätigem, dunkelgefärbtem Anthrakonit oder bituminösem Kalkspat. Die Stinkkalklager

---

1) W. Bornhardt. Ueber die Gangverhältnisse des Siegerlandes und seiner Umgebung. I. Archiv für Lagerstättenforschung, Heft 2, Berlin 1910, p. 213 bis 228, 411 bis 412: Wirkung der „Kristallisationskraft“.

2) Referierend habe ich über die gesamte, mir über diese Frage zur Kenntnis gekommene Literatur in der „Geologischen Rundschau“, Leipzig 1911, berichtet.

3) G. Holm und H. Munthe. Kinnekulle, dess Geologi och den Tesniska Användningen af dess Bergarter. Sveriges Geologiska Undersökning. Ser. C. Nr. 172. Stockholm 1901, wo p. 18 bis 22 der Stinkkalk nebst Anthrakonit und ihr Verband mit den Alaunschiefern geschildert wird.

enthalten auf ihrer Oberfläche oft zu Tausenden die Reste von Agnostiden, Oleniden u. s. w., im Innern ist vielfach nichts davon zu sehen. Die grobkristallinen Anthrakitlagen zeigen auch an der Begrenzung gegen die Schiefer niemals eine Spur von Fossilien. Sie sind eben nachträglich durch Konzentration eines gleichzeitig mit den Schiefnern abgelagerten Kalk- (und Bitumen-) Gehaltes entstanden, und zwar machen manche Stücke den Eindruck, als ob nur gewisse, vielleicht bestimmt orientierte Kalkspatindividuen der feinkristallinen Stinkkalkbänke die Ansatzpunkte für die Kristallisation der Individuen des grobkristallinen Anthrakonits gebildet hätten. Ganz ähnlich nun, wie Daly<sup>1)</sup> Emporwölbungen oberdevonischer Schiefer in Ontario durch radialstrahlige Konkretionen bituminösen Kalkspates beobachtet hat, ist auch am Kinnekulle eine Emporwölbung der Alaunschiefer festzustellen, so zwar, dass die Schieferschichten, die sich den grossen Konkretionen völlig anschmiegen, eine sehr unruhige, stark buckelige Oberfläche bilden. Diese Oberfläche allein zeigt schon die Nachträglichkeit des ganzen Vorganges an. Denn die Alaunschiefer sind nach allem, was wir über die Ablagerung feiner Sedimente wissen, sicher annähernd horizontal sedimentiert worden. Auch die grosse Zahl von Rutschflächen, welche, mit kohligem Belag versehen, die Schiefer durchziehen, könnte man auf den Druck der wachsenden Anthrakitmassen zurückführen, um so mehr, als der Kinnekulle ja ein Teil des seit vorpaläozoischer Zeit kaum von starken Störungen betroffenen Baltisch-Russischen Schildes ist.

Schon bei der diagenetischen Umkristallisierung, welche von dem feinen, bituminösen Ursprungssediment zur Ausbildung des feinkristallinen Stinkkalkes führte, scheint die Kristallisationskraft derart gewirkt zu haben, dass sie die einzelnen Individuen des Kalkspats von dem verunreinigenden

---

1) The Journal of Geology, VIII, 1900, p. 135 bis 150.

Bitumen ziemlich frei hielt, das nunmehr an den Grenzen der allotriomorphen Körner zusammengedrängt wurde. So erhält das mikroskopische Bild ein netzförmiges Aussehen, besonders schön bei einem Paradoxides-Stinkkalk des Mittelkambrium aus Råbäcks-Kalkbruch.

Diese Erscheinung der reinigenden Wirkung von Umkristallisierungen, die schon lange in der Technik angewendet wird, ist bereits von verschiedenen Beobachtern auch an natürlichen Vorkommnissen festgestellt worden. A. von Inostranzeff berichtete 1872 dasselbe von einem schwarzen, abfärbenden Dolomit, wahrscheinlich karbonischen Alters, aus dem Gouvernement Olonez<sup>1)</sup>, H. Loretz 1879 von Zechsteindolomiten<sup>2)</sup>. Sodann hat J. Beckenkamp 1907 gelegentlich seiner Veröffentlichung über die Zellenkalke<sup>3)</sup> des mittleren Muschelkalkes die Ansicht geäußert, dass beim Umkristallisieren dichter Calcitmasse in grobkristallinen Calcit ein Zurückschieben der eisenhaltigen und kohligen Verunreinigungen und Anhäufung derselben am Rande stattgefunden habe. Selbst bei Umkristallisierungen infolge von Druck ist ähnliches beobachtet worden. Arnold Heim hat 1905 in dem grossen „Säntis-Werk“<sup>4)</sup> beschrieben, wie Kreidekalke unter lokalen Bedingungen starken Druckes zu marmorartigen Gesteinen umkristallisierten, wobei eine „Entmischung“ eintrat derart, dass die im Ursprungsgestein gleichmässig verteilte tonige Substanz und das Bitumen zu sogenannten „Entmischungshäuten“ ausgeschieden wurden. Auch hierin darf man wohl die mechanische Wirkung des Drucks der wachsenden Calcitkristalle sehen.

1) Jahrb. K. K. geol. Reichsanst., Bd. XXII, 1872, p. 48, Taf. III, Fig. 10.

2) Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 31, 1879, p. 757.

3) Sitzungsber. Phys.-Mediz. Ges. zu Würzburg 1907, p. 27.

4) Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, N. F., XVI. (46.) Lief., Bern 1905, p. 504.

Ist man demnach in der Lage, eine recht beträchtliche Zahl von geologisch nicht unwichtigen Erscheinungen auf den Druck wachsender Kristalle zurückzuführen, so liegt doch anderseits die physikalische Deutung des Vorganges an sich noch vollkommen im Argen. Zwar glauben Becker und Day<sup>1)</sup>, die einzigen Forscher, welche bisher über das qualitative Experimentalstudium der Kristallisationskraft hinausgegangen sind, nachgewiesen zu haben, welch' grosse mechanische Kraft dieselbe repräsentiert, und dass wachsende Kristalle einen Druck von derselben Grössenordnung ausüben müssen, wie der Widerstand gegen Zertrümmerung. Indes haften diesem Ergebnis, wie die Autoren selbst berichten, doch noch manche Unsicherheiten an, und das Zustandekommen der Kraft bleibt rätselhaft wie zuvor. Zwei Anschauungen sind neuerdings darüber geäussert worden, die ich besprechen möchte. Daly<sup>2)</sup> hat angenommen, dass der kohlen saure Kalk eine Volumenzunahme zeige, wenn er aus Lösung in feste Form überginge. Das ist eine meines Wissens vollkommen unbewiesene Behauptung. Zugleich scheint mir das aber, selbst wenn diese Behauptung das richtige träfe, garnicht von Bedeutung für unsere Frage zu sein. Denn es handelt sich hier doch gar nicht um solch' minimale Volumenänderungen, wie sie beim Uebergang aus dem einen in einen anderen Aggregatzustand auftreten können, sondern darum, weshalb ein Kristall, der unter den Bedingungen stetig sich erneuernder Stoffzufuhr steht, erheblich zu wachsen befähigt ist unter Ueberwindung nicht unbeträchtlicher mechanischer Hindernisse. Die Volumenänderung bei Aenderung des Aggregatzustandes ist eine Erscheinung, die unter den Gesetzen steht, welche chemisch-physikalische Gleichgewichte beherrschen; bei einem Stoffe, welcher unter Volumenzunahme fest wird, muss der Uebergang in den festen Aggregatzustand

1) Proc. of the Washington Academy of Sciences, VII, 1905, p. 283 bis 288.

2) a. a. O., p. 147

durch Anwendung von Druck verzögert werden, und umgekehrt wird der mit Volumenabnahme verbundene Uebergang eines Stoffes in den festen Zustand durch Drucksteigerung, welche in unserem Falle durch das der Kristallisation widerstrebende Medium ausgeübt wird, beschleunigt werden.

Man kann dieses auch folgendermassen ausdrücken:

Beim Uebergang einer flüssigen in die feste Phase wird ohne Temperaturänderung ermöglicht	Fall 1: Volumzunahme	Fall 2: Volumabnahme
	durch Abnahme des Aussendruckes, bez. Fehlen äusseren mechanischen Widerstandes.	durch Zunahme des Aussendruckes, bez. Vorhandensein äuss. mechanischen Widerstandes.

In folgerichtiger Durchdenkung des Gedankenganges, den auch W. Bornhardt wiedergibt, hätte Daly sehen müssen, dass die supponierte Volumzunahme des in den festen Zustand übergehenden kohlen-sauren Kalkes garnicht von Belang sein kann, da ja der tatsächlich vorhandene und vom wachsenden Kristall zu überwindende Gegendruck das Gleichgewicht in entgegengesetzter Weise verschieben und eine Wiederauflösung herbeiführen müsste, wenn keine Temperaturänderung eintritt. Der Unterschied der beiden hier möglichen Fälle muss also vollkommen ohne Bedeutung für die Entstehung des Wachstumsdruckes sein. In beiden Fällen ist Wachstumsdruck denkbar, und auf diesen können daher die für chemisch-physikalische Gleichgewichte geltenden Gesetze nicht von Einfluss sein. Die „Kristallisationskraft“ — der ich in der Weise, wie sie die älteren Autoren sich vorstellten, nämlich als Bestreben zu fortschreitender Kristallisation, entgegen Dalys Anschauung, das Wort reden möchte — muss sich aus dem ureigensten Wesen der Kristalle heraus erklären lassen. So hat denn

auch O. Lehmann<sup>1)</sup> noch 1904 mit Rücksicht auf die Ausübung des Wachstumsdruckes durch Eis darauf hingewiesen, dass die bekannte Volumausdehnung des gefrierenden Wassers zur Erklärung nicht herangezogen werden könne, wenn es sich z. B. um ein Heben von Erdschollen durch darunter gebildete Eiskristalle um mehr als ein Meter Höhe handle, und dass die Wirkung sich in gleicher Weise bei Kristallbildungen zeige, die nicht mit einer Zunahme, sondern mit einer Abnahme des Volumens verbunden sind.<sup>2)</sup> Lehmann selbst stellte sich vor, dass bei Auskristallisieren aus wässriger Lösung sich durch Adsorption zwischen dem wachsenden Kristall und seiner Unterlage eine kapillare Zwischenschicht der betr. Lösung halten müsse, aus welcher heraus die fortschreitende Kristallisation stattfindet, und welche sich ständig ergänzen müsse. Ich kann nicht behaupten, dass die Sachlage durch diese Annahme klarer wird, denn, wenn dem so wäre, so hätte die kristallisierende Substanz nicht nur die Hebung des schon vorhandenen Kristalls zu bewirken, sondern auch den Innendruck der Kapillarschicht zu überwinden; und in unserem Fall 1 müsste dieser durch die Adsorptionskraft ausgeübte Druck geradezu die Entstehung der festen Phase mindestens verzögern. Es kommt hinzu, dass die Zuhilfenahme der Kapillarität oder Adsorption unmöglich erscheint dort, wo wir, wie bei manchen Umkristallisationen von Gesteinen (Umkristallisationen, die dem bekannten „Umstehen“ von Metallegierungen analog sind,) die für diese Lehmann'schen Vorstellungen nötigen Lösungen kaum zur Verfügung haben.

Wenn es nach alledem die Aufgabe der Geologie ist, durch sorgfältige Vergleiche und Beobachtungen festzustellen, welche Rolle die Kristallisationskraft in der Erdgeschichte

---

1) Flüssige Kristalle, sowie Plastizität von Kristallen im allgemeinen, molekulare Umlagerungen und Aggregatzustandsänderungen. Leipzig, W. Engelmann, 1904, p. 137.

2) Vgl. auch O. Lehmann, Molekularphysik, Bd. I, Leipzig 1888, p. 348.

spielt,<sup>1)</sup> so sollte anderseits die Physik daran gehen, für die so wichtige und nicht wegzuleugnende Erscheinung eine plausible Deutung zu suchen. Erst dann wird es sich auch für den Geologen ermöglichen, die Grenzen innezuhalten, innerhalb derer er die Kristallisationskraft zur Erklärung heranzuziehen berechtigt ist.

Dessenungeachtet lässt sich doch schon heute sagen, dass ein Autor der jüngsten Zeit in allzu phantastischer Weise den Druck kristallisierender Substanzen für seine Ideen verwertet hat. R. Lachmann<sup>2)</sup> ist der Ansicht, den Bau der norddeutschen Salzlager besser als auf dem bisherigen tektonischen Wege durch „autoplastische Deformationen“ erklären zu können, die er einmal als diagenetische Umkristallisierungen, zum anderen als epigenetische, metasomatische Umwandlungen bezeichnet. Was die letzteren anbetrifft, so glaubt der Autor das Riecke'sche Prinzip auf die Salzlagerstätten anwenden zu können, nach welchem durch Lösungsumlagerung die Salze aus dem Gebiete grösseren Druckes in der Tiefe in Gebiete geringeren Druckes, also nach oben, wandern müssten. Es kann keineswegs geleugnet werden, dass das Riecke'sche Prinzip auch hier Geltung haben muss. Die Frage ist nur die, ob diese Lösungsumlagerung den von Lachmann angenommenen Betrag zu erreichen vermag. Man sollte dann nämlich annehmen, dass alle Salzlagerstätten der Erde annähernd den gleichen Bautypus zeigten, wie diejenigen Nordwestdeutschlands, was durchaus nicht der Fall ist. Ich für meinen Teil bin der Ansicht, dass neben solchen im kleinen gewiss auftretenden Umlagerungen auch die von Rinne experimentell festgestellte Plastizität der Salze von Bedeutung für die

---

1) Fr. Ed. Suess, a. a. O. p. 414.

2) R. Lachmann, Ueber autoplaste (nichttektonische) Formelemente im Bau der Salzlagerstätten Norddeutschlands. Monatsber. deutsch. geol. Ges., 62, 1910, p. 113 bis 116. — Ders. Salinare Spalten-eruption gegen Ekzemtheorie. Ibidem p. 597 bis 601.

Lagerung dieser Sedimente ist. Dieser Plastizität hat Harbort<sup>1)</sup> vielleicht eine zu grosse Bedeutung beigelegt, was schon H. Stille<sup>2)</sup> kürzlich zutreffend hervorgehoben hat. Das eigentlich formgebende Element im Bau der norddeutschen Salzlagerstätten ist aber entschieden die Tektonik, und das „Aufsteigen des Salzgebirges“ längs langer Linien ist durchaus im Rahmen der nordwestdeutschen Tektonik verständlich, wie dieselbe durch von Koenen und andere, neuerdings insbesondere auch durch die Feststellungen von H. Stille, ausgedeutet worden ist. In welcher Weise die Ablaugung durch das zirkulierende Grundwasser die Entstehung des seit O chsenius so viel besprochenen „Salzspiegels“ bedingt, hat der letztere ebenfalls<sup>3)</sup> klar ausgeführt, bezeichnenderweise ohne auf die Lachmann'schen Hypothesen einzugehen.

Vollkommen irrtümlich ist aber die Anschauung von Lachmann, dass sich Kieseritlagen durch diagenetische Umkristallisierungen direkt nach der Ablagerung zusammengekrümmt hätten. Derartige Krümmungen können wohl entstehen, wenn Gesteinsplatten durch einseitige Umwandlung auch einseitige Volumenänderungen durchmachen, wie z. B. die Anhydritplatten in der Barbarossa-Höhle am Kyffhäuser, die sich durch Wasseraufnahme in Gips umwandeln. Solche Krümmungen und Fältelungen entstehen ferner, wenn bei allgemeiner Volumzunahme ein Aussendruck die Ausdehnung in bestimmten Richtungen unmöglich macht, wie bei der Bildung des Schlangengipses; aber bei einfacher diagenetischer Umkristallisierung treten solche Volumänderungen nicht auf, und damit fällt jeder Grund für Formänderungen der Gesteinskörper im Ganzen fort.

1) Zur Geologie der nordhannoverschen Salzhorste. Monatsber. deutsch. geol. Ges., 62, 1910, p. 335. (Hier wird auch p. 339 bis 340 der Ansicht von Lachmann entgegengetreten.)

2) Das Aufsteigen des Salzgebirges. Zeitschr. f. prakt. Geol., XIX, 1911, p. 98.

3) a. a. O., p. 94 bis 96.

Weiter sprach Herr F. A. Schulze:

### Ueber das Verhalten einiger Reihen von Edelmetall-Legierungen zum Gesetz von Wiedemann und Franz.

Vor kurzem habe ich<sup>1)</sup> gezeigt, wie man die sinnreiche und exakte von F. Kohlrausch<sup>2)</sup> angegebene Methode zur Bestimmung der inneren Wärmeleitung von Metallen so modificieren kann, dass sie auch bei dünnen Drähten anwendbar ist, was in der ursprünglich ihr gegebenen Form nicht möglich war. Diese modifizierte Methode war damals nur an solchen Metallen geprüft worden, deren Wärmeleitfähigkeit bereits anderweitig bekannt war. In dem Wunsch, dieses Verfahren noch etwas weiter auszubilden, bevor es zu den eigentlichen Versuchen benutzt wird, für die es ursprünglich geplant war — nämlich die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit Heusler'scher Legierungen in Abhängigkeit von Temperatur und Dauer der Alterung<sup>3)</sup> — wurden mit ihr einige Reihen von Edelmetall-Legierungen untersucht. Zur Verwendung gelangten in Form von Drähten von 1 mm Durchmesser Legierungen von *Ag Pd Pd Pt*, und *Pd Au* von 10 zu 10%; sie waren von der Firma Heraeus leihweise überlassen. Es waren dieselben, die von Herrn W. Geibel<sup>4)</sup> auf elektrische Leitfähigkeit, Zugfestigkeit und Thermokraft untersucht sind. Das Verfahren war

1) F. A. Schulze, Marb. Ber., 30. Nov 1910, p. 103.

2) F. Kohlrausch, Sitz.-Ber. Berl. Akad., 38, 711, 1899. Ann. d. Phys., 1, p. 145, 1900

3) F. A. Schulze, Marb. Ber., 1910, p. 72.

4) W. Geibel, Zeitschr. f. anorg. Chemie, 69, 38 bis 46, 1910; 70, 240 bis 254, 1911.

im Prinzip das bereits in der vorigen Mitteilung beschriebene. Nur eine wesentliche Aenderung war noch getroffen worden. Um die als vorhanden angenommene, aber niemals ganz streng zu erfüllende Bedingung zu umgehen, dass die Temperatur des Stabes an den Austrittsstellen aus den Klemmbacken gleich derjenigen des Wassers in den Kupferwürfeln ist, wurden in voller Anlehnung an die von Jaeger und Diesselhorst angegebene Ausführungsform gleichzeitig zwei Schmelzsubstanzen benutzt, deren Schmelzpunkte höher waren als die Temperatur des Wassers. Die Stromstärke wurde dann so reguliert, dass die höher schmelzende Substanz (Caprinsäure) eben in der Mitte des Stabes schmolz; sodann wurden die beiden Stellen des Stabes zu beiden Seiten der Mitte bestimmt, bis zu welchen unter Beibehaltung dieser Stromstärke von der Mitte aus die andere Substanz (Diphenylmethan) geschmolzen war. Es ist dann  $\frac{\lambda}{z} = \frac{V^2}{8U}$ , wenn

$\lambda$  und  $z$  thermisches, bez. elektrisches Leitvermögen sind,  $V$  die Potentialdifferenz der beiden äusseren letztgenannten Punkte und  $U$  die Differenz der beiden Schmelztemperaturen ist. Aus den von Jaeger und Diesselhorst angegebenen Zahlen für die äussere Wärmeleitfähigkeit ergibt sich leicht, dass bei den hier benutzten Dimensionen und Schmelztemperaturen (Caprinsäure 29<sup>o</sup>,9, Diphenylmethan 23<sup>o</sup>,6) der Einfluss der äusseren Wärmeleitung nicht denjenigen der Beobachtungsfehler übersteigt. Es zeigte sich hierbei übrigens, dass man, ohne einen den Einfluss der Beobachtungsfehler übersteigenden Fehler im Resultat für das Leitverhältnis zu erhalten, die Annahme machen kann, dass die Temperatur des Drahtes an den Enden der Klemmbacken gleich derjenigen des Wassers in den Kupferwürfeln ist.

Die Versuche hatten folgende Ergebnisse: Es bestätigte sich durchweg qualitativ das Gesetz von Wiedemann und Franz. Wie das elektrische Leitvermögen nahm auch das thermische Leitvermögen von dem Ausgangswert, den es für

die reinen Metalle hat, mit steigendem Zusatz des anderen Metalles stark ab bis zu einem Minimum, von dem es dann bei weiterem Zusatz wieder anstieg bis zum Endwert für das andere reine Metall. Jedoch war diese Abnahme des thermischen Leitvermögens stets geringer als diejenige des entsprechenden elektrischen und zwar relativ um so geringer, je mehr das elektrische selbst heruntergedrückt war, sodass also demnach der Quotient  $\frac{\text{thermisches Leitvermögen}}{\text{elektrisches Leitvermögen}}$  mit steigendem Zusatz des anderen Metalles von dem für das eine reine Metall gültigen Ausgangswert allmählich bis auf über das  $1\frac{1}{2}$  fache anstieg, um danach wieder abzunehmen bis zu dem Wert, den er für das andere reine Metall hat, Es entspricht dieses Verhalten vollkommen allen bisherigen Versuchen an anderen Metall-Legierungen.

Das ausführliche Zahlenmaterial, sowie die an einigen anderen Edelmetall-Legierungen erhaltenen Resultate sollen an anderer Stelle mitgeteilt werden.

In der Sitzung vom 30. November 1910 hielt Herr Alfred Wegener den Vortrag:

## Untersuchungen über die Natur der obersten Atmosphärenschichten.

(Vorläufige Mitteilung.)

### Einleitung.

Im Jahre 1903 hat Hann<sup>1)</sup> unter Benutzung der damals gerade bekannt gewordenen Bestimmungen der Edelgase in der Luft durch Ramsay und Rayleigh die Zusammensetzung der Atmosphäre bis zur Höhe von 100 km hinauf berechnet. Er führte diese Berechnung für die Stufen 10, 20, 50 und 100 km aus. Das wesentlichste Ergebnis war, dass der am Erdboden nur in minimalen Spuren nachweisbare Wasserstoff in der Höhe von 50 km bereits 14 Volumprocente erreicht, in 100 km aber 99, sodass hier die Atmosphäre fast aus reinem Wasserstoff bestehen müsste. Obwohl Hann die Bedeutung dieser Beziehungen keineswegs verkannte, war er doch damals noch nicht in der Lage, auf die Frage der Realität dieses zunächst rein rechnerischen Ergebnisses einzugehen. Im Jahre 1909 hat ferner Humphreys<sup>2)</sup> die Rechnungen von Hann mit verbesserten Annahmen über die Temperaturverteilung in der Höhe wiederholt und das Ergebnis in Gestalt einer graphischen Darstellung nach Art der weiter unten zu gebenden veranschaulicht. Die Frage der Realität liess er gänzlich unberührt.

---

1) Die Zusammensetzung der Atmosphäre, Met. Zeitschr. 1903, S. 122. Ein erster Versuch, auf den Bestimmungen von Bousingault basierend, findet sich schon in Zeitschr. d. österr. Ges. f. Met. 1875 S. 22.

2) Distribution of Gases in the Atmosphere, Bull. of the Mount Weather Observatory II, 2. Vergl. auch Jeans, ebendort II, S. 347, 1910.

Einstweilen noch ganz unabhängig von diesen Arbeiten habe ich im gleichem Jahre 1909 die folgende Vermutung ausgesprochen<sup>1)</sup>: „Die Frage, ob es auch hier (oberhalb der grossen Schichtgrenze bei 11 km Höhe) noch ähnliche markante Schichtgrenzen gibt, sind wir keineswegs zu verneinen berechtigt. . . . . Schon jetzt kann man mit einiger Wahrscheinlichkeit die Vermutung aufstellen, dass sich ein solcher Sprung in der Dichte etwa bei 70—80 km Höhe befindet, nämlich weil hier die Krakatauwolken ihr Aufsteigen beendet haben, und weil zugleich diese Höhe ungefähr dieselbe ist, bis zu welcher noch diffuse Reflexion bemerkt wird.“ Im Winter 1909/10 habe ich ferner, ohne die Arbeit von Humphreys zu kennen, Hanns Rechnung mit engeren Intervallen wiederholt, um das Verhalten in der Höhe der zu erwartenden Schichtgrenze kennen zu lernen. Es ergab sich das Resultat<sup>2)</sup>, „dass in der Höhe der erwarteten Schichtgrenze die Zusammensetzung der Luft sich ausserordentlich rasch ändert, sodass man berechtigt ist, die darunter liegenden Schichten als Stickstoffatmosphäre, die darüber liegenden als Wasserstoffatmosphäre zu bezeichnen.“

Wiederum ganz unabhängig sowohl von Humphreys wie von meiner Arbeit hat gleichzeitig mit letzterer v. dem Borne, lediglich auf die Berechnungen von Hann zurückgreifend, die merkwürdigen Schallphänomene der Dynamitexplosion an der Jungfraubahn auf Reflexion der Schallstrahlen an einer oberen Wasserstoffsphäre zurückgeführt<sup>3)</sup>.

In der vorliegenden Arbeit wird der Versuch gemacht, diese bisher zerstreuten Resultate zu einem Gesamtbilde zu

---

1) Probleme der Aerologie, das Wetter 1909, Heft 11, S. 13.

2) Ueber eine neue fundamentale Schichtgrenze der Erdatmosphäre, Beitr. z. Phys. d. freien Atm. III, Heft 4, 1910. Das Heft wurde am 10. Juni ausgegeben, die Empfangsbestätigung der Redaktion ist datiert 25. Februar 1910.

3) Schallverbreitung bei Explosionkatastrophen, Phys. Zeitschr. XI, 1910, Nr. 11, S. 483 (mit dem Vermerk: eingegangen am 12. April 1910).

vereinigen, und dasselbe durch Heranziehung weiteren, bisher unbeachtet gebliebenen Materials zu ergänzen. Darüber hinaus soll aber gezeigt werden, dass höchst wahrscheinlich ausser dem bei der Schichtgrenze in 70 km Höhe befindlichen noch ein zweiter, wenn auch weniger plötzlicher Umschlag in der Zusammensetzung bei circa 200 km vorhanden ist, und dass oberhalb dieser Höhe allem Anscheine nach eine neue Sphäre eines unbekanntes Gases liegt, das noch leichter als Wasserstoff ist, und dessen Spektrum die grüne Polarlichtlinie bei  $557 \mu\mu$  zeigt (vergl. Abb. 1). Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die Sphäre dieses neuen Gases, dem wir wegen seiner Aehnlichkeit mit dem Coronium der Sonnenatmosphäre den Namen „Geocoronium“ beilegen wollen, mit den Erscheinungen des Zodiakallichtes in unmittelbarem Zusammenhange steht; jedenfalls aber dürfte sie die äusserste Gashülle der Erde darstellen, so dass durch ihre Erforschung ein abgeschlossenes, im wesentlichen vollständiges Bild der Atmosphäre gewonnen wird. Im folgenden soll das diese Dinge betreffende Material, wenn auch nur gekürzt, besprochen werden. Eine ausführlichere Darstellung wird an anderer Stelle erfolgen.

## I. Die Schichtgrenze bei 70 km Höhe.

### 1) *Stufen der Lichtreflexion in der Atmosphäre.*

Bekanntlich werden durch die Unstetigkeiten der Dichteabnahme mit der Höhe und die damit verbundenen Erscheinungen charakteristische Helligkeitssprünge am Dämmerungshimmel hervorgerufen. Durch Beobachtung der letzteren haben wir daher auch umgekehrt die Möglichkeit, auf Schichtgrenzen zu schliessen und ihre Höhe zu bestimmen. Z. B. ist der sogenannte erste Dämmerungsbogen offenbar identisch mit der durchstrahlten Troposphäre. Aus dem Depressionswinkel der Sonne beim Verschwinden dieses ersten Dämmerungsbogens, den Miethe und Lehmann zu

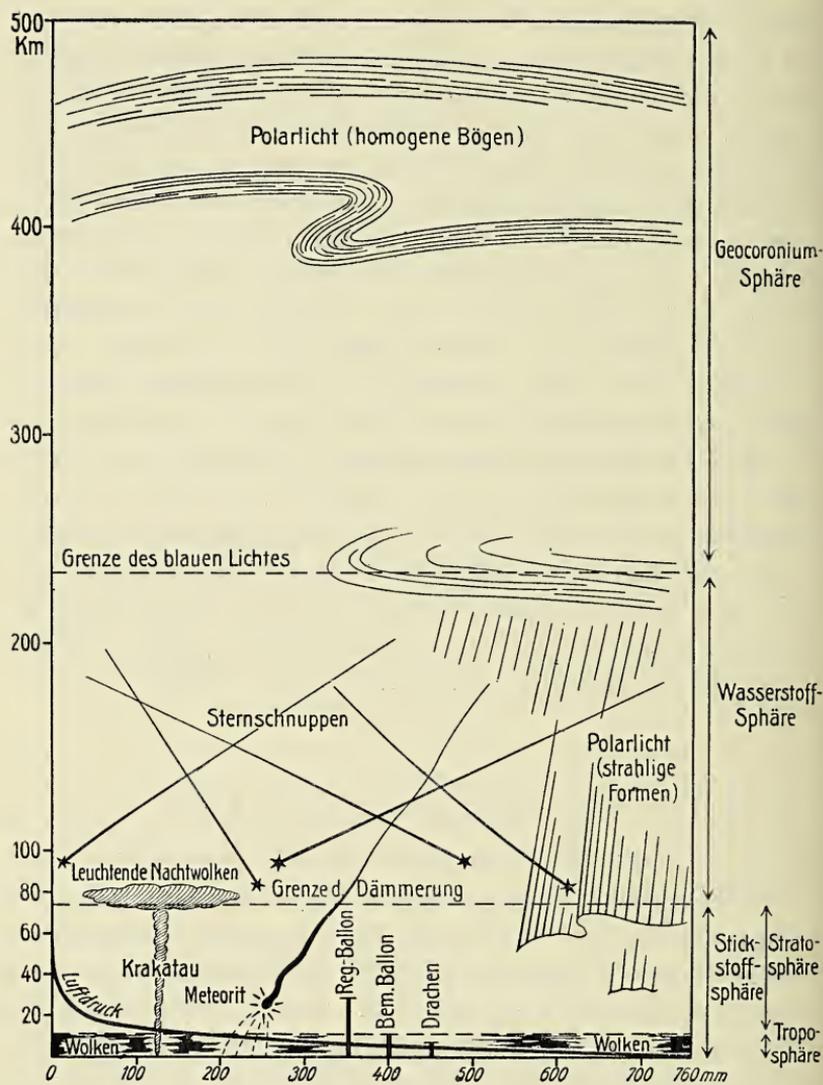


Abb. 1. Querschnitt der Atmosphäre.

8° fanden<sup>1)</sup>, berechnet sich die Höhe des zugehörigen Dichtigkeitsprunges unter Berücksichtigung der Refraktion zu etwa 11 km, also in der Tat übereinstimmend mit der Grenze zwischen Troposphäre und Stratosphäre. Die meisten derartigen Messungen sind jedoch an dem Hauptdämmerungsbogen ausgeführt und ergeben für den Augenblick, an welchem der Dämmerungsbogen gerade unter dem Horizonte versinkt bzw. auftaucht, einen Depressionswinkel der Sonne von etwa 17,4<sup>0 2)</sup>. Bei genäherter Rechnung ergibt sich daraus für die obere Grenze der hier in Betracht kommenden lichtreflektierenden Schichten eine Höhe von 74 km.

Das Vorhandensein eines derartigen, verhältnismässig scharf zu lokalisierenden Helligkeitssprunges im Dämmerlicht deutet mit Entschiedenheit auf eine in der angegebenen Höhe liegende Schichtgrenze hin.

## 2) *Die leuchtenden Nachtwolken.*

Die vom Jahre 1885 ab beobachteten und seit 1887 auch photogrammetrisch verfolgten sogenannten leuchtenden Nachtwolken sind sämtlich in Höhen zwischen 70 und 83 km aufgetreten<sup>3)</sup>. Bekanntlich nimmt man an, dass diese Wolken Produkte des bereits 1883 erfolgten Ausbruches des Vulkans Krakatau in der Sundastrasse darstellen. Hierbei kann es sich aber nicht mehr um feste Auswurfstoffe handeln, wie etwa bei dem vulkanischen Staub, der noch lange Zeit nach der Eruption die bekannten abnormen Dämmerungserscheinungen hervorrief<sup>4)</sup>. Während diese Staubmassen sich

---

1) Met. Zeitschr. 1909, S. 97.

2) Pernter-Exner, Meteorolog. Optik, IV. Abschnitt, Wien und Leipzig 1910, S. 767.

3) O. Jesse, Untersuchungen über die sogen. leuchtenden Nachtwolken, Sitz.-Ber. d. Kgl. Preuss. Akad. d. Wiss. in Berlin, Mai 1891 (eine frühere Arbeit ebendort 1890).

4) Kiessling, Untersuchungen über Dämmerungserscheinungen, Hamburg u. Leipzig 1888.

längst zu Boden gesenkt hatten, blieben die leuchtenden Nachtwolken noch viele Jahre hindurch sichtbar und dürften erst seit kurzer Zeit als definitiv verschwunden gelten. Wir haben uns offenbar vorzustellen, dass bei dem Vulkanausbruch ungeheuere Mengen von Wasserdampf bis in diese Höhen hinaufgestiegen sind und sich hier horizontal ausgebreitet haben. Die Wolken selber wären dann in derselben Weise entstanden wie ein gewöhnlicher Cirrostratus, nämlich infolge adiabatischer Hebung der Schichtgrenze. Die einzelnen Wolken brauchen also keinen langen Bestand gehabt zu haben; wohl aber ist dies der Fall gewesen mit den Wasserdampfmengen, deren Beseitigung ja nur durch die langsam wirkende Diffusion möglich war.

Der Auffassung dieser leuchtenden Nachtwolken als vulkanische Produkte bereitet die im Jahre 1902 von Teisserenc de Bort und Assmann gemachte Entdeckung der isothermen Schichten oberhalb 11 km Höhe eine grosse Schwierigkeit, da diese im allgemeinen die aufsteigenden Gasmassen abfangen und zur seitlichen Ausbreitung zwingen. Hiermit steht auch in Uebereinstimmung, dass die Rauchsäulen grosser vulkanischer Eruptionen, soweit sie gemessen worden sind, stets nur bis zu dieser Höhe hinaufreichten. Da indessen schon mehrfach in vulkanischen Gasen ein hoher Prozentsatz von Wasserstoff gefunden worden ist, so erscheint die Annahme berechtigt, dass auch die Ausbruchsgase des Krakatau einen ähnlich hohen Prozentsatz dieses Gases besaßen, und dass sie gerade hierdurch befähigt waren, die Atmosphäre bis zu derjenigen Höhe zu durchsteigen, welche, wie weiter unten zu zeigen ist, die Grenze zwischen der Stickstoff- und der Wasserstoffsphäre darstellt.

Für die vorliegende Untersuchung ist das wesentlichste, dass diese Ausbruchsgase des Krakatau überhaupt gerade in dieser Höhe ihr Aufsteigen beendet und sich seitlich ausgebreitet haben. Schon diese Tatsache allein würde die Annahme berechtigt erscheinen lassen, dass hier eine markante

Schichtgrenze der Atmosphäre zu suchen ist. Der Umstand, dass diese Höhe so gut wie völlig mit derjenigen zusammenfällt, welche der oberen Grenze des Hauptdämmerungsbogens entspricht, bildet eine unabhängige Bestätigung dieser Annahme.

## II. Die Wasserstoffosphäre oberhalb 70 km Höhe

### 1) Die Zusammensetzung der Luft nach den Gasgesetzen.

Die folgende Tabelle gibt zunächst die Zusammensetzung der Luft am Erdboden in Volumprozenten.

(Geocoronium, einatomig	Mol. Gew. ca. 0,4	Volumprocente am Erdboden ca. 0,00058 hypothetisch)
Wasserstoff H <sub>2</sub>	2,02	0,0033 (Gautier-Rayleigh)
Helium He	4,0	0,0005 (Claude)
Wasser H <sub>2</sub> O	18,02	variabel 0—4
Neon Ne	20,0	0,0015 (Claude)
Stickstoff N <sub>2</sub>	28,02	78,06 (Leduc)
Sauerstoff O <sub>2</sub>	32,00	20,90
Argon Ar	39,9	0,937
Kohlensäure CO <sub>2</sub>	44,0	0,029 (var.)
Ozon O <sub>3</sub>	48,0	Spuren (Thierry)
Krypton Kr	83,0	ca. 0,0001
Xenon X	130,7	ca. 0,000005.

Ueber das von uns hierbei eingeführte hypothetische Gas „Geocoronium“ wird weiter unten ausführlich die Rede sein. Auch die übrigen Gase sind wenigstens quantitativ zum Teil erst unsicher bestimmt. Diese Unsicherheit spielt indessen für die folgenden Berechnungen nur bei denjenigen Gasen eine Rolle, welche leichter sind als die Hauptbestandteile der Luft, Stickstoff und Sauerstoff, vor allem also beim Helium, Wasserstoff und Geocoronium. Die quantitativen Annahmen über das letztere beruhen wiederum auf dem Wasserstoff, so dass sich die Unsicherheit bei diesem Gase

am fühlbarsten macht. Im wesentlichen sind wir hier auf eine Bestimmung angewiesen, welche von Gautier<sup>1)</sup> herührt. Er fand 0,02 Volumprocente. Rayleigh hat seine Messung kritisiert<sup>2)</sup> und nimmt nur 0,0033 Volumprocente an, und andere Physiker haben sich ihm angeschlossen. Gautier selbst glaubt indessen seine Angabe aufrecht erhalten zu können und hat seinerseits manche Anhänger; Hann und Humphreys haben infolgedessen einen mittleren runden Wert von 0,01 Volumprocenten benutzt. In der vorliegenden Arbeit ist dagegen der von Rayleigh angegebene Wert zu Grunde gelegt worden. Eine später von Claude ausgeführte Messung ist nach seinen eigenen Angaben mit zu grossen Fehlern behaftet, um berücksichtigt zu werden. — Man sieht also, dass der Ausgangswert der Rechnung hier sehr unsicher ist.

Die Berechnung der Zusammensetzung für die verschiedenen Höhen geschieht in der Weise, dass man sich die Partialdrucke der Gase einzeln berechnet, wobei man in die barometrische Höhenformel

$$\log \text{nat} \left( \frac{p_0}{p} \right) = \frac{h}{H(1 + \alpha t)}$$

( $p_0$  = Druck in der Ausgangshöhe,  $p$  = Druck in der um  $h$  grösseren Höhe,  $\alpha$  =  $1/273$  der Ausdehnungskoeffizient der Gase,  $t$  = Mitteltemperatur der Luftsäule  $h$  in Graden Celsius) für  $H$  die charakteristische Barometerkonstante („Höhe der homogenen Atmosphäre“) des betreffenden Gases einzusetzen hat. Durch Summation der Partialdrucke aller Gase erhält man den Gesamtluftdruck, und das Verhältnis der Partialdrucke zu diesem gibt unmittelbar die Volumprocente. Wenn man die Mitteltemperatur der untersten 10 km gleich  $-23^\circ$  C. setzt und darüber überall  $-55^\circ$  annimmt, so erhält man das folgende Resultat:

1) Ann. d. Chem. XXII, 1901, Jan.

2) Phil. Mag., VI. Ser., Vol. 3, April 1902, S. 416.

Zusammensetzung der Luft in Volumprozenten

Höhe km	Luft- druck mm	Geo- coronium	Wasser- stoff	Helium	Stick- stoff	Sauer- stoff	Argon
0	760	0,00058	0,0033	0,0005	78,1	20,9	0,937
20	41,7	0	0	0	85	15	0
40	1,92	0	1	0	88	10	—
60	0,106	4	12	1	77	6	—
80	0,0192	19	55	4	21	1	—
100	0,0128	29	67	4	1	0	—
120	0,0106	32	65	3	0	—	—
140	0,00900	36	62	2	—	—	—
200	0,00581	50	50	1			
300	0,00329	71	29	—			
400	0,00220	85	15				
500	0,00162	93	7				

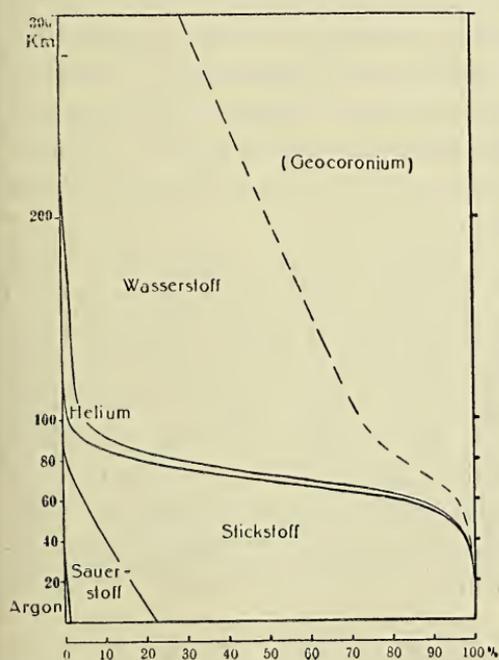


Abb. 2. Zusammensetzung der Atmosphäre.

Diese Zahlen sind durch Abb. 2 veranschaulicht<sup>1)</sup>; man erhält aus ihr die Zusammensetzung für eine bestimmte Höhe, indem man durch dieselbe die Horizontale legt und auf dieser abliest, wieviel Prozent in das Feld des Stickstoffs, des Sauerstoffs etc. fallen. Der Umschlag in der Zusammensetzung, welcher sich hiernach

1) Die numerische Berücksichtigung des Geocoroniums ist erst nachträglich, Februar 1911, erfolgt.

in etwa 70 km Höhe befindet, ist infolge der grossen Verschiedenheit der Molekulargewichte der beiden in Betracht kommenden Gase Stickstoff und Wasserstoff ein ausserordentlich plötzlicher. Das Interessanteste ist aber, dass diese markante Trennung zwischen den beiden Gasen gerade in derjenigen Höhe eintritt, in welcher wir bereits aus ganz anderen Gründen eine Schichtgrenze anzunehmen genötigt waren. Hierdurch wird diese letztere Annahme ganz ausserordentlich gestützt.

## 2) *Akustische Zeugnisse.*

Es sind bereits verschiedene Fälle von einer ausserordentlich weiten Hörbarkeit von Geschützdonner und ähnlichen Schallphänomenen bekannt geworden. Am sorgfältigsten hat de Quervain<sup>1)</sup> die Dynamitexplosion vom 15. November 1908 an der Jungfraubahn geschildert. Das merkwürdige bei diesem Phänomen besteht darin, dass ausser einem die Explosionsstelle umgebenden Gebiet normaler Hörweite ein zweites, noch viel ausgedehnteres Gebiet abnormer Hörweite vorhanden war, welches von ersterem durch eine rund 100 km breite „Zone des Schweigens“ getrennt war. V. dem Borne hat in seiner eingangs erwähnten Arbeit diese Erscheinung auf die Schallreflexion an der Wasserstoffsphäre zurückgeführt und erzielt hierdurch eine erheblich vollkommener Erklärung der Erscheinung als bei den früheren Versuchen, dieselben auf die Wirkung des Windes zurückzuführen. Da die Schallgeschwindigkeit in gewöhnlicher Luft nur etwa 330 m. p. s., im Wasserstoff aber 1280 m. p. s. beträgt, so müsste, falls eine scharfe Schichtgrenze vorhanden wäre, schon bei einem Einfallswinkel von  $15^{\circ}$  Totalreflexion eintreten, und der Strahl würde, wenn er im übrigen gradlinig

---

1) Die Erdbeben der Schweiz im Jahre 1908 und die Schallverbreitung der Dynamitexplosion an der Jungfraubahn am 15. November. Annal. d. schweiz. Met. Centr. Anstalt Jahrg. 1908.

verliefe, in 40 km Abstand von der Schallquelle wieder die Erde erreichen. Von hier ab nach aussen zu läge eine zweite Hörbarkeitszone ohne scharfe äussere Begrenzung. Indem v. dem Borne nun einmal die Krümmung berücksichtigt, welche die Schallstrahlen innerhalb der Troposphäre wegen der hier herrschenden Temperaturabnahme mit der Höhe erleiden müssen, und indem er andererseits in Rechnung zieht, dass die beiden Gase an der Schichtgrenze nicht scharf getrennt sind, sodass auch keine eigentliche Reflexion, sondern nur ein allmähliches Herumbiegen der Schallstrahlen erfolgen kann, gelingt es ihm zu zeigen, dass hierdurch der vorerwähnte Abstand von 40 km auf etwa 120 km hinausgeschoben wird, was mit den Beobachtungen sehr gut stimmt.

Es erscheint nicht ausgeschlossen, dass man diese Schallphänomene zu einer weiteren Erforschung der genannten Schichtgrenze systematisch verwenden kann. Bei geeigneten Vorbereitungen würden höchst wahrscheinlich schon erheblich geringere Schallintensitäten, beispielsweise einzelne Kanonenschüsse, genügen, und derartige Versuche würden sich wahrscheinlich ohne allzugrosse Kosten auf Schiessplätzen anstellen lassen.

### 3) *Kriterien aus den Erscheinungen der Meteore.*

Die zahlreichen Höhenbestimmungen der Sternschnuppen ergeben mit grosser Uebereinstimmung das Resultat, dass dieselben bei etwa 150 km aufleuchten und bei etwa 80 km erlöschen<sup>1)</sup>. Wenn wir, den weiteren Ausführungen vorgreifend, die obere Grenze der Wasserstoffosphäre bei etwa 200 km annehmen, so sieht man, dass sich diese Erscheinungen ganz innerhalb der letzteren abspielen. Im Gegensatz zu diesen Sternschnuppen treten diejenigen Meteoriten,

---

1) Brezina, Die Meteoriten vor und nach ihrer Ankunft auf der Erde; Vorträge d. Ver. z. Verbreit. naturw. Kenntn. in Wien; Wien 1893; u. a.

welche mit einer Explosion endigen und meist ihre Bestandteile zur Erde herabfallen lassen, mehr oder weniger weit in die Stickstoffsphäre ein. Die Untersuchungen von G. v. Niessl<sup>1)</sup> über die Explosionshöhen der Meteoriten zeigen, dass diese zwischen etwa 3 und 50 km Höhe variieren, also durchweg in der Stickstoffsphäre liegen. Von Interesse ist dabei, dass auch diese Meteoriten in der ersten Phase ihrer Erscheinung durchaus den Charakter der Sternschnuppen tragen, und dass erst von einem bestimmten Punkte ihrer Bahn ab eine erheblich stärkere Lichtentfaltung eintritt. Offenbar macht sich hierin die Einwirkung des trägeren Stickstoffs geltend, der nicht so schnell ausweicht und daher viel stärker komprimiert wird als der beweglichere Wasserstoff. Ob mit der Zunahme des Sauerstoffgehalts etwa noch Verbrennung hinzutritt, muss dahingestellt bleiben. Die eigentlichen Sternschnuppen, welche garnicht bis zum Sauerstoff herabdringen, können jedenfalls nur verdampfen. Die Ursache der Explosion ist noch nicht aufgeklärt; möglicherweise ist sie auf die Zentrifugalkraft bei immer rascher werdender Rotation zurückzuführen, welche schliesslich zur Zersprengung führt. Der Beginn der Rotation ist häufig wahrzunehmen, da die Flugbahn dann schwach schraubenförmige Gestalt hat.

Von grossem Interesse sind die spektroskopischen Untersuchungen, welche gelegentlich an Sternschnuppen und Meteoren gelungen sind. Brauchbar sind allerdings nur die photographischen Aufnahmen, die von Pickering und Blajko mit Hülfe eines Objektivprismas erhalten wurden. Die Aufnahme von Pickering<sup>2)</sup> zeigt mit grosser Deutlichkeit die Wasserstofflinien, sowie einige schwächere un-

1) Sitz.-Ber. d. Kais. Akad. der Wiss. zu Wien, 1884, Bd. 89, 2. Abt., S. 283.

2) E. C. Pickering, Spectrum of a meteor, Harvard College Observat. Circul. 20; Nat. 57 p. 101 (1897); Astrophys. J. 6 p. 461—462 (1897).

bekannte Linien. Blajko<sup>1)</sup> erhielt zwei Aufnahmen, die einander sehr ähnlich, aber von den Pickering'schen verschieden sind. Ausser einer grossen Zahl schwächerer Linien zeigt sich in ihnen hauptsächlich eine ausserordentlich starke, welche das einermal zu 393, das anderemal zu 389  $\mu\mu$  gemessen wurde. Ich halte diese beiden Linien für identisch, und zwar für übereinstimmend mit der im photographischen Nordlichtspektrum ausserordentlich stark hervortretenden Stickstofflinie bei 391  $\mu\mu$ . Die Blajko'schen Meteore scheinen also zur Zeit der Aufnahme bereits in die Stickstoffsphäre eingedrungen zu sein.

Nur ganz kurz sei hingewiesen auf die Gaseinschlüsse, welche fast stets in den zur Erde herabgelangten Meteoriten gefunden werden<sup>2)</sup>. So enthalten namentlich die Meteoriten grosse Mengen von Wasserstoff. Da zur Erklärung dieser Gaseinschlüsse wenigstens teilweise auch von der Annahme Gebrauch gemacht wird, dass dieselben entweder in der Atmosphäre erst aufgenommen oder doch hier verändert worden sind, so werden auch diese Dinge einer Revision nach den vorliegenden Gesichtspunkten bedürfen. Freilich ist es bei der sonstigen Wesensgleichheit von Sternschnuppen und Kometen wahrscheinlich, dass wie in den letzteren, so auch in den zur Erde gelangenden Meteoriten die Gaseinschlüsse bereits vorhanden sind, wenn sie sich noch ausserhalb der Erdatmosphäre bewegen.

#### 4) Die Wasserstofflinien im Spektrum des Polarlichtes.

Es ist von grosser Bedeutung für die vorliegende Untersuchung, dass das Spektrum des Polarlichtes die Wasserstofflinien enthält und so die Anwesenheit dieses Gases in

1) S. Blajko, On the spectra of two meteors, *Astrophys. J.* 26, p. 341—348 (1907).

2) Cohen, *Meteoritenkunde*, Heft I. (Untersuchungsmethoden und Charakteristik der Gemengteile) Stuttgart 1894 S. 178.

grossen Höhen dokumentiert. Besonders deutlich geht dies allerdings weniger aus den neueren photographischen Aufnahmen, als gerade aus den älteren Ocularbeobachtungen hervor. Der Grund hierfür ist der, dass die photographischen Aufnahmen die Linien zwar mit anscheinend grosser Präzision, aber stets nur die hellsten geben, und die Wasserstofflinien gerade zu den schwächeren im Polarlichtspektrum gehören. Die wichtigste in Frage kommende Beobachtungsreihe ist diejenige von Carlheim-Gyllenskjöld<sup>1)</sup>. Sowohl in dieser Reihe wie auch in der grossen Zusammenstellung von Ocularbeobachtungen in H. Kayzers Handbuch der Spektroskopie<sup>2)</sup> sind die Wasserstofflinien mit voller Deutlichkeit erkennbar, und zwar nicht nur ihren Wellenlängen nach, sondern auch nach der Intensität, wenn man Rücksicht nimmt auf die von Frankland und Lockyer nachgewiesene Verschiebung des Lichtmaximums von der roten auf die grüne Linie, die bei sehr weitgehender Druckerniedrigung eintritt. Von besonderem Interesse ist auch eine Zusammenstellung bei Carlheim-Gyllenskjöld, aus welcher hervorgeht, dass sich Kopf und Fuss der Nordlichtstrahlen spektroskopisch unterscheiden, indem am Kopf die Wasserstofflinien häufiger sind als am Fuss, während für die Linien des Stickstoffs das Umgekehrte gilt.

Von der grössten Bedeutung für das Verständnis der Spektrums ist die Höhenlage der Lichterscheinung. Das Kapitel der Höhenmessung des Polarlichts ist jedoch ein so schwieriges, dass hier nicht näher darauf eingegangen werden kann. Noch heute nehmen manche Forscher an, dass die garnicht selten erhaltenen Höhen unter 50 km auf Täuschungen zurückzuführen sind. Besonders häufig und einwandfrei ist die Höhe von 60 km für den Unterrand der Draperien in

---

1) Observations faites au Cap Thordsen, Spitzberg, par l'Expédition Suédoise; (internationale Polarforschung 1882—83), Tome II, 1, Aurores Boréales; Stockholm 1886, S. 166.

2) V. Band, Leipzig 1910, S. 47.

Polargebieten gemessen worden. Diese Strahlen würden also noch gerade in die Stickstoffsphäre hineinreichen. Von Interesse ist dabei, dass der Druck in dieser Höhe gerade 0,1 mm, also derselbe ist, bei welchem in Geissler'schen Röhren Kathodenstrahlen auftreten. Da namentlich nach den neuen Untersuchungen Störmers das Polarlicht auf Kathodenstrahlen zurückzuführen ist, die von der Sonne kommend durch das Feld des Erdmagnetismus abgelenkt werden und auf der Schattenseite in die Erdatmosphäre eintreten, so wäre es in der Tat sehr plausibel, dass sie alle Schichten mit geringerem Druck als dem angegebenen noch durchdringen, wenngleich mit Energieverlust und Lichtentwicklung, aber in der Höhe von 60 km vollständig absorbiert werden.

Es ist zu erwarten, dass man durch gleichzeitige Höhenmessung und spektroskopische Untersuchung das Polarlicht geradezu als ein von der Natur selbst im grossen Stil veranstaltetes Experiment wird benutzen können, um uns vollständigen Aufschluss über die Natur der höchsten Atmosphärenschichten zu verschaffen; denn es kann kein Zweifel sein, dass das Polarlicht lediglich das Spektrum desjenigen Gasgemisches liefert, in welchem es sich abspielt.

### III. Der zweite Umschlag in der Zusammensetzung bei etwa 200 km und die Geocoroniumsphäre.

Die Ausführungen dieses Kapitels sind, wie gleich vorausgeschickt sei, mit einem wesentlich höheren Grad von Unsicherheit behaftet.

#### 1) *Die blaue Nachdämmerung.*

Mit dem Versinken des Hauptdämmerungsbogens unter dem Horizont hört noch keineswegs jede Lichtwirkung in der Atmosphäre auf, sondern wir haben es hier nur mit einer markanten Helligkeitsstufe zu tun, welche auf die verschiedene Intensität der diffusen Reflexion in der Stickstoff- und der Wasserstoffsphäre zurückzuführen ist. Es ist

auch nach diesem Zeitpunkt noch ein weiterer bläulicher Nachdämmerungsbogen von sehr geringer Lichtintensität vorhanden. Nach der anscheinend bisher einzigen Beobachtung über das Verschwinden dieses blauen Dämmerungsbogens, welche von See in Washington herrührt, berechnet sich die obere Grenze der hier in Frage kommenden lichtreflektierenden Schichten zu ca. 214 km. Es ist ausserordentlich wahrscheinlich, dass wir es hier mit der oberen Grenze der Wasserstoffsphäre zu tun haben. Allerdings dürfen wir aus Gründen, die weiter unten erörtert werden sollen, keine scharfe Trennung mehr zwischen der Wasserstoffsphäre und der darüber liegenden Sphäre eines hypothetischen, noch leichteren Gases annehmen, sondern, wie Abb. 2 zeigt, einen sehr allmählichen Uebergang. Wir deuten daher die Beobachtung von See in der Weise, dass in der von ihm gefundenen Höhe von rund 200 km der Wasserstoff aufhört, der vorherrschende Bestand der Atmosphäre zu sein, d. h. dass er in dieser Höhe gerade 50 Volumprocente ausmacht. Weitere Beobachtungen über diesen blauen Dämmerungsbogen erscheinen dringend wünschenswert.

## 2) Kriterien aus dem Polarlichtspektrum.

Die früher oft geäusserte Annahme, dass die obersten Schichten der Erdatmosphäre aus reinem Wasserstoff bestehen, erscheint wegen der Beschaffenheit des Polarlichtspektrums unhaltbar; denn es ist niemals ein Spektrum beobachtet worden, welches nur die Wasserstofflinien zeigte, vielmehr treten diese stets gleichzeitig mit den Linien anderer Gase auf. Meist sind dies Stickstofflinien, welche von denjenigen Strahlen herrühren, die bis zur Stickstoffsphäre oder noch weiter hinunter reichen. Dazu gesellt sich aber noch ein anderes Spektrum, das im wesentlichen nur aus der einen Linie 557  $\mu\mu$ , der Hauptlinie des ganzen Polarlichtspektrums, besteht. Und dieses neue Spektrum tritt gerade bei den höchsten, jedenfalls oberhalb 200 km liegenden

Polarlichtern als einziges auf, ohne Hinzutreten der Linien des Wasserstoffs oder des Stickstoffs. Es sind dies diejenigen Polarlichter, welche man als homogene Bögen bezeichnet und die keine strahlige Struktur besitzen. Nach Paulsens Messungen auf Island besitzen sie eine Höhe von mindestens 400—500 km über der Erde<sup>1)</sup>. Nach einer Mitteilung, welche mir in dankenswerter Weise Herr La Cour, der Mitarbeiter Paulsens, zukommen liess, geben diese homogenen Bögen ausschliesslich die Linie 557, während bei den strahligen Formen stets auch andere Linien auftraten. Zu demselben Resultat kommt man bei einer entsprechenden Diskussion der Beobachtungen von Carlheim-Gyllenskjöld. Damit dürfte aber erwiesen sein, dass diese Linie das Spektrum eines unbekanntes Gases bildet, welches in grosser Ausdehnung noch über der Wasserstoffosphäre liegt.

Da wir nun einerseits nach dem eben gesagten den Bereich der Wasserstoffzone möglichst zu beschränken haben, andererseits aber die Sternschnuppen durch ihr Aufleuchten von 200 km abwärts anzeigen, dass hier an Stelle des fast trägheitslosen Geocoroniums bereits der trägere Wasserstoff in erheblichen Mengen vorhanden ist, so erscheint unsere frühere Annahme gerechtfertigt, dass bei 200 km Höhe ca. 50 Volumprocente Wasserstoff und 50 Prozent Geocoronium vorhanden sind.

### 3) Analogien zur Sonnenatmosphäre.

Die vorliegende Betrachtung eröffnet auch höchst interessante Analogien zur Sonnenatmosphäre. Auch dort ist in Gestalt der Chromosphäre eine beiderseits ziemlich scharf begrenzte Wasserstoffosphäre vorhanden. Auch das Helium scheint dort in einer ganz ähnlichen Anordnung vorzukommen

---

1) A. Paulsen, Sur les récentes Théories de l'aurore polaire, Bull. de l'Académie R. des Sciences de Danmark 1906, Nr. 2. Eine vollständige Bearbeitung ist wegen Paulsens inzwischen erfolgten Todes noch nicht erschienen.

wie in der obigen, für die Erdatmosphäre gültigen Berechnung. Oberhalb der Wasserstoffosphäre sehen wir auch bei der Sonne noch ein anderes, offenbar leichteres Gas, das Coronium, dessen sehr ausgedehnter Bereich bei Gelegenheit von totalen Sonnenfinsternissen sichtbar wird. Der Umstand, dass die Kometen 1680, 1843 I, 1880 I, 1882 II und 1887 I ohne merkbaren Widerstand durch die Sonnencorona hindurchgingen, ist ein Beweis für die ausserordentlich geringe Trägheit des Coroniums. Ganz entsprechend passieren auch die Meteoriten ohne nachweisbare Hemmung die Geocoroniumzone der Erdatmosphäre und können erst den viel trägeren Wasserstoff hinreichend vor sich komprimieren, um ihn zum Glühen zu bringen.

Wegen dieser vollkommenen Analogie ist es naheliegend, das unbekannte irdische Gas mit dem gleichfalls unbekanntem Element der Sonnencorona zu identifizieren. Der Hinblick auf diese Möglichkeit war auch ausschlaggebend bei der Wahl des provisorischen Namens „Geocoronium“. Einstweilen stösst diese Identifizierung noch auf Schwierigkeiten, da die Spektren verschieden sind. Das Coronium der Sonne ist durch eine grüne Linie bei 532 charakterisiert, während die Polarlichtlinie bei 557  $\mu\mu$  liegt. Berücksichtigt man aber, dass alle Elemente über mehrere, oft viele verschiedene Spektren verfügen, welche je nach den Versuchsbedingungen aus unbekanntem Ursachen mit einander abwechseln, dass speziell Bogenspektrum, Funkenspektrum, Flammenspektrum und das Spektrum in der Geissler-Röhre im allgemeinen verschieden von einander sind, so dürfen wir offenbar aus diesem Unterschied der Spektren noch nicht schliessen, dass auch die Gase verschieden sind, zumal wenn wir beachten, dass es sich beim Polarlicht offenbar um elektrisches Glühen, in der Sonnencorona aber um Temperaturglühen handelt. Die vollkommen parallele Art des Auftretens in der Sonnen- und Erdatmosphäre, sowie das ihnen zuzuschreibende ausserordentlich geringe spezifische Gewicht scheinen mir dagegen

schwerwiegende Argumente für die Identität zu bilden. Ich halte deshalb die letztere für sehr wahrscheinlich, doch werden natürlich alle Bedenken erst dann beseitigt sein, wenn es gelingt, das Problem der Spektren zu lösen.

#### 4) *Das neue Gas Geocoronium.*

Im vorangehenden sind bereits die Gründe für die Annahme dieses Gases besprochen. Es sei bemerkt, dass Scheiner diese Vermutung bereits früher geäußert hat<sup>1)</sup>. Huggins, Ramsay, Schuster u. a. haben allerdings darauf hingewiesen, dass die Polarlichtlinie innerhalb der Fehlergrenze mit der Hauptlinie des Kryptons zusammenfällt<sup>2)</sup>. Bei dem grossen spezifischen Gewicht dieses Gases ist eine solche Hypothese aber unhaltbar, da der Ursprung der Polarlichtlinie, wie oben gezeigt wurde, gerade in den höchsten Schichten der Atmosphäre zu suchen ist. Das gleiche gilt von den Versuchen, dieselbe mit einer Argonlinie zu identifizieren.

Es ist für unsere Hypothese von grossem Interesse, dass Mendeléeff aus dem von ihm aufgestellten periodischen System der Elemente den Schluss gezogen hat, es müsste noch ein Gas geben, das leichter als Wasserstoff ist, etwa von dem Atomgewicht (einatomig) 0,4, so dass es nur  $\frac{1}{5}$  vom spezifischen Gewicht des Wasserstoffs besässe<sup>3)</sup>. Bei der glücklichen Hand, welche dieser Forscher bei dem auf gleiche Weise vorausgesagten Germanium bewiesen hat, erscheint diese Hypothese sehr beachtenswert. Da wir weiter keine Anhaltspunkte über die Eigenschaften des Geocoroniums besitzen, so haben wir der oben gegebenen Berechnung diesen von Mendeléeff angenommenen Wert zu Grunde gelegt. Indem weiterhin, wie schon erwähnt, angenommen wird, dass

1) Spektralanalyse der Gestirne, Leipzig 1890, S. 341.

2) W. Ramsay, Die Gase der Atmosphäre und die Geschichte ihrer Entdeckung; Deutsch von Huth, Halle 1907, S. 146.

3) Chem. Centralblatt 1904 I, 137; Prometheus 15, 97.

in 200 km Höhe die Partialdrucke des Wasserstoffs und des Geocoroniums einander gleich sind, lässt sich die quantitative Berechnung des Geocoroniums an die des Wasserstoffs anlehnen und man erhält so die oben angegebenen Werte. Die grosse Unsicherheit dieser Rechnung darf natürlich nicht aus dem Auge gelassen werden. Sie ist nicht nur mit allen Fehlern der Wasserstoffbestimmung behaftet, sondern stützt sich obendrein noch auf zwei weitere, quantitativ noch ganz unsichere Hypothesen. Dennoch darf aber die Rechnung keineswegs als ganz illusorisch betrachtet werden, solange es sich nur darum handelt, das Bild in grossen Zügen festzulegen. Man kann sich nämlich leicht überzeugen, dass grosse Aenderungen in den beiden Hypothesen nur geringe Aenderungen des resultierenden Bildes verursachen. Die äussersten Grenzen, zwischen denen das Molekulargewicht des Geocoroniums jedenfalls liegen muss, sind dasjenige des Wasserstoffs und Null. Im letzteren Fall würden wir für das Geocoronium (in 200 km 50 % vorausgesetzt) in 100 km 24 % statt 29 %, in 300 km 75 % statt 71 % etc. erhalten — also eine für die vorliegenden Betrachtungen ganz unbedeutende Abweichung. Nehmen wir das andere Extrem an, so würden wir überall 50 % (oberhalb der unteren schweren Gase) erhalten. Welches also auch das Molekulargewicht des Geocoroniums sei, das Bild kann nicht wesentlich anders werden als das durch unsere Abb. 2 veranschaulichte. Wenn wir ferner die andere Hypothese variieren und z. B. annehmen, dass die Partialdrucke vom Wasserstoff und Geocoronium erst in 300 km Höhe einander gleich sind, so bedeutet dies im wesentlichen nur eine Parallelverschiebung der schrägen punktierten Linie in Abb. 2; es wird dann das Geocoronium in eine etwas grössere Höhe verlegt, der Uebergang behält aber dasselbe Aussehen. Sollte sich endlich die Basis der numerischen Rechnung, nämlich der Wasserstoffgehalt der Luft am Erdboden, als beträchtlich fehlerhaft herausstellen, so würde dies im wesentlichen nur eine (gleichfalls relativ sehr geringfügige)

Höhenänderung für den markanten Umschlag in der Zusammensetzung bei 70 km bedeuten, während das Verhältnis der beiden Gase darüber so gut wie ungeändert bleibt. Wir müssen also schliessen: wenn es überhaupt ein solches ausserordentlich leichtes Gas in der Atmosphäre gibt, welches sich über dem Wasserstoff zu lagern bestrebt ist, so muss sich der Uebergang zu ihm in einer der Abb. 2 jedenfalls sehr ähnlichen Weise vollziehen.

Die Langsamkeit dieses Ueberganges bringt auch Licht in manche Einzelheiten der Erscheinungen. Da wir jetzt gar keine reine Wasserstoffphäre mehr haben, so wird es sehr plausibel, dass die Wasserstofflinien niemals die hellsten im Polarlichtspektrum sind<sup>1)</sup>. Und da das Geocoronium erst unterhalb 60 km Höhe verschwindet, so erklärt sich damit, dass selten oder nie ein Polarlicht beobachtet wird, welches die „Hauptlinie“ nicht zeigt.

#### 5) *Das Zodiakallicht.*

Die Annahme liegt ausserordentlich nahe, dass auch diese letzte Schicht der Erdatmosphäre, das Geocoronium, noch einen Dämmerungsbogen verursacht, und dass dieser Dämmerungsbogen mit dem Zodiakallicht identisch ist. Die charakteristische Pyramidenform, in welcher das Zodiakallicht erscheint, würde die Annahme nötig machen, dass die Massenverteilung in der Sphäre des Geocoroniums bereits Unregelmässigkeiten unterliegt; doch gerade dies führt zu einer neuen Analogie mit der Sonnenatmosphäre, da ja auch die Sonnencorona eine sehr eigenartige, noch unerklärte Massenverteilung zeigt. Durch diese Auffassung des Zodiakallichtes würden sich auch die Ergebnisse seiner spektroskopischen Untersuchung erklären lassen. Im wesentlichen gibt dasselbe bekanntlich ein continuierliches Spektrum und stellt

---

1) Vielleicht deutet dieser Umstand sogar darauf hin, dass dem Geocoronium ein noch etwas grösserer Platz auf Kosten des Wasserstoffs einzuräumen ist, als oben angegeben.

somit diffus reflektiertes Sonnenlicht dar, ebenso wie die übrigen Dämmerungsbögen. Indessen haben Respighi, Vogel und Wright im Spektrum des Zodiakallichtes die grüne Nordlichtlinie gesehen, was sich ohne weiteres erklärt, wenn dasselbe mit der Sphäre des Geocoroniums identisch ist.

Da sich eine äussere Grenze der Geocoroniumsphäre nicht angeben lässt, so hätte man sich — die Identität mit dem Sonnen-Coronium vorausgesetzt — den ganzen Weltraum im Planetensystem mit diesem Gase in ausserordentlicher Verdünnung erfüllt zu denken und müsste erwarten, dass zwischen den Partialdrucken dieses Gases auf der Erde und auf der Sonne ein der Gravitation entsprechendes Gleichgewicht herrscht. Man könnte die Betrachtung auch auf die übrigen Planeten ausdehnen und deren Coroniumdruck berechnen. Bei der früher ungeahnten konstitutionellen Verwandtschaft der Erd- und Sonnenatmosphäre liegt es ferner sehr nahe, diese Betrachtung auf die Gesamtatmosphären auszudehnen, so dass man zu dem Satz käme: Die Atmosphären der Himmelskörper in unserem Sonnensystem sind untereinander nach den Gasgesetzen im Gleichgewicht. Natürlich kann dieser Satz nur für diejenigen Gase gelten, welche weder verbraucht noch erzeugt werden. Da diese Bedingung streng wohl nirgends zutrifft, so wird man das genannte Gesetz auch nur näherungsweise erfüllt zu sehen erwarten. Eine weitere Verfolgung dieses Gegenstandes möchte ich mir vorbehalten.

---

In der Wahlsitzung vom 10. Mai 1911 fand zunächst die vorschriftsmässige Neuwahl des Vorstandes statt. Herr Prof. Korschelt wurde zum Vorsitzenden, Herr Prof. Richarz zum stellvertretenden Vorsitzenden gewählt. Weiter kamen in den Vorstand Herr Prof. Schenck und Herr Prof. Neumann.

Als neue Mitglieder der Gesellschaft wurden Herr Geheimrat Prof. Dr. Krümmel zum ordentlichen und Herr Prof. Dr. Thiel zum ausserordentlichen Mitglied gewählt.

---

**Aufgelegte Schriften:**

- Sitzungsber. Bayr. Akad. Math.-Phys. Kl. 1909. Abhdlg. 15 bis 19. Schlussheft. München 1910. Abhdlg. 1 bis 4. Abhdlgn. Bd. XXV, 1 bis 3.
- Sitzungsber. nat. Ges. Isis. 1909 Juli bis Dez. Dresden 1910.
- Zeitschr. wiss. Insecten-Biologie. Bd. VI, Heft 4 Berlin 1910.
- Verhdlgn. Nat.-Med. Verein Heidelberg. Bd. X, Heft 3. Heidelberg 1910. Leopoldina. Heft XLVI, Nr. 5. Halle 1910.
- Lese- und Redehalle d. deutsch. Stud. i. Prag. 61. Bericht. Prag 1910.
- Senckenb. Ges. Festschrift für W. Kobelt. Frankfurt 1910.
- „ „ 41. Bericht, Heft 1 und 2. „ 1910.
- Acta Soc. Scient. Fennica. Bd. XXXIX u. XL, 1 bis 3. Helsingfors 1910.
- Tromsö Museum. Jahresheft 30, 1907. Tromsö 1909 bis 10.
- „ „ Jahresbericht für 1908. Tromsö 1910.
- Manchester Litt. and. Philos. Soc. Memoirs 1909 bis 1910. Vol. 54, Part. II. Manchester 1910.
- Atti d. Reale Acc. dei Lincei. 1910 vol. XIX, fasc. 8. Rom 1910.
- Acad. Imp. St. Petersburg. Bulletin 1910, Heft 8 bis 9. Petersburg. 1910.
- New York State Museum Report. 62, 1 bis 4. 1908. New York 1909
- Smithsonian Miscell. Coll. Vol. 54, 4 Hefte. Washington 1910.
- Smithsonian Instit. Jahresbericht bis 30. Juni 1909. Washington 1909
- U. S. Dep. Agric. Yearbook 1909. Washington 1910.
- American Naturalist. Vol. XLIV, Nr. 521. New York 1910.
- Boston Soc. of Nat. Hist. Vol. 34, 5 bis 8 Boston 1909 bis 1910.
- „ „ „ „ „ Occasional Pap. VII. Boston 1909.
- American Philos. Soc. Proceed. Vol XLVIII, Nr. 193. Philadelphia 1909.
- „ „ „ „ „ List.
- Field Mus. of Nat. Hist. Chicago. Report Series Vol. 3, Nr. 4 (140). Chicago 1910.
- Harvard College. Bull. of Mus. of Compar-Zool. Vol. VII, Nr. 15. Cambridge 1910.
- Academy of Nat. Scienc. Philadelphia. Vol LXI, Part. 3. 1909. Philadelphia 1909.
- New York Public Library. Bull. 1910. Vol. XIV, Nr. 4. New York 1910.
- United States Geol. Surv. Bull. 360. Washington 1909.
- Journal. Royal. Soc. New South. Wales. Vol. XLIII, Part I u. II für 1909. Sydney 1909. Vol. XLII für 1908. Sydney 1908.
- Tokyo Zool. Soc. Annotationes. Vol. VII, Part. III. Tokyo 1910.
- Museo Nacional de Buenos Aires. Anales Ser. III, Tom XII. Buenos Aires 1909.
- Bayrische Akad. d. Wissensch. Abh. d. Math. Phys. Klasse. Bd. XIX bis XXIV, 2. Abt. München 1896 bis 1909. 1. Supplementband, 1. bis 6. Abhdlg. 1908. 2. Supplementband, 1. Abhdlg. 1909.

- Bayrische Akad. d. Wissenschaft. Sitzungsberichte 1896 bis 1908. I, II.  
Inhaltsverzeichnis d. Sitzgsber. 1886 bis 1899.  
Sitzungsberichte 1909. 1. bis 14. Abhdlg.  
Leopoldina. Heft 46, Nr. 3 u. 4. Halle 1910.  
Naturw. Verein Bremen. XX, 1. Bremen 1910.  
„ „ Schleswig-Holstein. XIV, Heft 2. Kiel 1909.  
Verhdlg. Naturw. Ver. Karlsruhe. Bd XXII Karlsruhe 1910.  
Verein f. Naturkunde Mannheim. 73. bis 75. Jahresber. Mannheim  
1906 bis 1908.  
Bericht der Ges. Isis zu Bautzen für 1906 bis 1909.  
Verhdlg. Botan. Verein Brandenburg. 51. Jahrg. 1909.  
„ Berl. Mediz. Ges. Bd. 40. 1909. Berlin 1910.  
„ Ornithol. Ges Bayern. Bd. 9. München 1909.  
Zeitschr. wissensch. Insektenbiologie. Bd. 6, Heft 3. Berlin 1910.  
Naturf. Ges. Freiburg i. Br. Berichte. Bd. 18, Heft 1. Freiburg 1910.  
III. Intern. Congress Botanik, Phytogeogr. Nomenklatur. Berichte und  
Vorschläge. Zürich 1910.  
Geol. Reichs-Anst. Wien. Verhdlgn. 1909. Heft 15 bis 18. Wien 1909.  
Verhdlgn. 1910. Heft 1. Wien 1910.  
Verein f. Naturk. Osterreich ob der Enns. 38. Jahresber. Linz 1909.  
Museum Franzisco Carolinum. 68. Jahresber. Linz 1910  
Lotos Nat. med. Ver. f. Böhmen. Bd. 57, Heft 1 bis 10. Prag 1909.  
Zeitschrift für wissenschaftliche Insektenbiologie. Band VI, Heft 6  
bis 10. Berlin, Schönebg. 1910.  
Verein für Naturwissenschaft zu Braunschweig. 16. Jahresbericht für  
1907/08 und 1908/09. Braunschweig 1910.  
Hzgl. techn. Hochschule Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig. Programm  
f. d. Studienjahr 1910/11. Braunschweig 1910.  
Naturhistorische Gesellschaft zu Hannover. 58. und 59. Jahresber. f.  
1907/08 und 1908/09. Hannover 1910.  
Bericht d. Wetterauischen Gesellschaft zu Hanau über den Zeitraum  
vom 1. Okt. 1903 bis 30. Sept. 1909. Hanau 1910.  
Jahresbericht des ärztl. Vereins zu Frankfurt a. M. für 1908. München  
1910.  
Mitteilungen d. sächs. thüring. Vereins für Erdkunde zu Halle a. S.  
34. Jahrgang 1910. Halle a. S. 1910.  
87. Jahresbericht d. schlesisch. Gesellschaft f. vaterländische Cultur.  
Breslau 1910.  
Abhandlungen u. Berichte des Museums für Naturkunde u. des natur-  
wissensch. Vereins z. Magdeburg. Magdeburg 1909.  
Jahreshefte d. Vereins f. vaterländ. Naturkunde zu Württemberg. 66. Jahr-  
gang. Stuttgart 1910.

# Sitzungsberichte

der

## Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

### MARBURG

---

---

Nr. 2

Juni

1911

---

---

In der ausserordentlichen Sitzung vom 28. Juni hielt Herr Dr. C. Tönniges den Vortrag:

#### Die Trichocysten von *Frontonia leucas* und ihr chromidialer Ursprung.

Trichocysten sind kleine stäbchenförmige Körperchen, die senkrecht zur Oberfläche in dem Corticalplasma des Ciliatenkörpers liegen und auf Reize (am besten mit Säuren) einen langen haarfeinen Faden herausschnellen. Auf Grund dieser Erscheinung haben manche Forscher sie mit den Nesselkapseln der Coelenteraten verglichen und zwar mit Recht, wie ich in den nachfolgenden Betrachtungen zeigen werde. Die Trichocysten sind die „Nesselkapseln“ der Ciliaten, sowohl hinsichtlich ihrer Entstehung, wie ihres Baues und ihrer Funktion.

Nesselkapseln, die sich nur ganz unwesentlich hinsichtlich ihres Baues von denen der Coelenteraten unterscheiden, sind von einigen Ciliaten beschrieben worden. So kommen bei dem peritrichen Ciliat *Epistylis umbellaria* nach den Untersuchungen von Greeff und anderen Forschern typische Nesselkapseln als Trichocysten vor.

Ebenfalls sind bei dem marinen Ciliaten *Strombidium sulcatum* von Géza Entz nesselkapselähnliche Trichocysten, bei denen es zweifellos zur Ausschnellung eines Fadens kommt, nachgewiesen worden.

Das gleiche Verhalten zeigen nach meinen Untersuchungen die Trichocysten der meisten übrigen Ciliaten. Auch sie bringen, im Gegensatz zu der Ansicht der neueren Autoren, die sich mit der Funktion der Trichocysten beschäftigt haben, einen Faden zur Ausschnellung.

### I. Lage und Bau der Trichocysten.

Der Körper von *Frontonia leucas* ist von einer Pellicula umgeben. Weiterhin lässt sich bereits am lebenden Objekt eine Differenzierung in ein äusseres grobvakuolisirtes oder grosswabiges Ektoplasma und in ein inneres dichteres Endoplasma unterscheiden.

Am Ektoplasma kann man ausser der bereits erwähnten Pellicula noch zwei Schichten, die Alveolarschicht und das Corticalplasma, erkennen.

Die Alveolarschicht ist nur auf Schnitten genauer sichtbar zu machen, da sie sehr zart ist und aus einer Reihe senkrecht gestellter Waben besteht. Sie wird von den Wimpern durchsetzt und in ihr liegen die Wurzeln der Wimpern, die Basalkörperchen.

Die Alveolarschicht erscheint bei *Frontonia leucas* senkrecht zur Oberfläche fein gestrichelt. Diese Strichelung entsteht durch die Zwischenwände kleiner Waben, die in einfacher Lage unter der Pellicula angeordnet sind. Das Corticalplasma ist infolge der in ihm liegenden Trichocysten und einer grossen Anzahl von kleinen Körnchen stark in die Augen fallend. Es unterscheidet sich vom Endoplasma durch ein kompakteres Aussehen, was zum Teil auf dem Mangel an grösseren Vakuolen beruht, zum grösseren Teil auf eine grosse Menge der erwähnten Inhaltkörper zurückzuführen ist. Es erhält durch diese Einlagerung von zahlreichen, stark tingierbaren Körnchen ein dunkleres Aussehen. Sie erscheinen im Leben völlig homogen, färben sich aber mit Eisenhämatoxylin tief schwarz. Auf gut differenzierten

Schnitten ist an diesen Körperchen eine wabige Struktur zu bemerken.

Die Grundstruktur des Corticalplasmas besitzt einen sehr feinwabigen, alveolären Bau, der an den Stellen, wo die Trichocysten fehlen, d. h. ausgeschnellt sind, mit stärkeren Systemen sehr gut sichtbar zu machen ist.

*Frontonia* hat verhältnismässig grosse Trichocysten. Das Tier selbst ist für ein Protozoon schon von beträchtlicher Grösse (200—300  $\mu$ ), aber seine ausgeschnellten Trichocysten besitzen eine Länge von durchschnittlich 50—60  $\mu$ , während die eingestülpten ungefähr 6  $\mu$  lang sind. Ihre Grösse schwankt nicht nur unter den einzelnen Individuen, sondern auch innerhalb eines Tieres sind sie durchaus nicht alle von gleicher Länge. Es finden sich grössere und kleinere Formen, wenn auch im allgemeinen eine gewisse Normalgrösse eingehalten wird. Zahlreiche Messungen führten zu dem Resultat, dass im allgemeinen die ausgeschnellten Trichocysten die sechs- bis achtfache Länge der in Ruhe befindlichen besitzen. Es kommen aber auch oftmals solche von zehnfacher Länge vor, so dass bei einer Grösse von 6  $\mu$  in nicht explodiertem Zustande, die ausgeschnellten 60  $\mu$  in der Länge messen.

Die ganze Oberfläche der *Frontonia* ist von einem dichten Trichocystenkleid bedeckt.

Die Trichocyste erscheint bei schwächerer Vergrösserung deutlich spindelförmig und an beiden Enden fein zugespitzt. Bei Anwendung stärkerer Systeme setzt sie sich aus drei deutlich gesonderten Teilen, dem haarförmigen Fortsatz, dem Kopf und dem Körper zusammen.

Der haarförmige Fortsatz ist der kleinste und zarteste Teil der Trichocyste. Er ist, wenn auch schwierig, am lebenden Objekt als stark lichtbrechendes Stiftchen zu sehen. Auf den Schnittpräparaten kann er mit Hilfe geeigneter Färbungsmethoden leicht sichtbar gemacht werden. Er ist fester mit dem Kopfe verbunden als dieser mit dem Körper, wie wir später sehen werden. Die Fortsätze durchsetzen die

Alveolarschicht, indem sie sich zwischen zwei benachbarte Waben einschieben, so dass es den Anschein erwecken könnte, als bildeten sie diese Wand. Wenn dem so wäre, würde eine Alveolarschicht vorgetäuscht und nicht vorhanden sein.

Obwohl bei allen genaueren Untersuchungen protoplasmatischer Strukturen der Ciliaten eine Alveolarschicht aufgefunden worden war, wurde sie in neuerer Zeit von *Herm. Nicolaus Maier* in seiner schönen Arbeit über den feineren Bau der Wimperapparate der Infusorien bei mehreren untersuchten Formen in Abrede gestellt. Unter ihnen befanden sich speciell solche Formen, die im Besitz von Trichocysten waren, wodurch die Erkennung der zarten Alveolarschicht ausserordentlich erschwert wird. *Maier* hat im Gegensatz zu *Bütschli* bei *Paramaecium* eine Alveolarschicht nicht feststellen können. Trotzdem ist sie vorhanden, so dass die Ansicht *Bütschli's* beibehalten werden muss. Ich habe die Schicht auf meinen Präparaten an geeigneten Schnitten jedesmal aufzufinden vermocht.

*Maier* vermutete, dass die haarförmigen Fortsätze der Trichocysten für *Bütschli* die Veranlassung gewesen seien, eine Alveolarschicht bei *Paramaecium* anzunehmen. Dazu ist aber *Bütschli* ein zu genauer Beobachter, als dass er sich in dieser Weise geirrt haben sollte.

Sehen wir uns bei *Paramaecium* und bei *Frontonia*, die beide Trichocysten besitzen, die Alveolarschicht an, so muss zugegeben werden, dass sie auf den Schnitten im ersten Augenblick nicht zu sehen ist. Das Bild ist ungefähr ein ähnliches, wie es *Maier* in seinen Figuren wiedergibt.

Sehen wir davon ab, dass die Figuren *Maier's*, was die Wiedergabe der feineren Strukturen des Plasmas anbetrifft, durchweg etwas schematisch gehalten sind, so ist in seinen Figuren von *Paramaecium* tatsächlich keine Alveolarschicht zu sehen. Dort, wo sie eigentlich vorhanden sein sollte, liegen die haarförmigen Fortsätze der Trichocysten und die Cilienendstücke, die nach Durchsetzung der Pellicula in das darunter-

leigende Ektoplasma eintreten, um sich mit den Basalkörperchen zu verbinden. Beide Gebilde jedoch, die haarförmigen Fortsätze der Trichocysten und die Endstücke der Cilien, die abwechselnd nebeneinander liegen, durchsetzen die Alveolarschicht in den Alveolarkanten. Die senkrecht gestellten Wabenwände, die äusserst zart sind, legen sich dicht den haarförmigen Fortsätzen der Trichocysten und den Endstücken der Cilien an, so dass sie mit ihnen eine einzige Wand zu bilden scheinen. Bei der Explosion drücken die haarförmigen Fortsätze der Trichocysten die Wabenwände beiseite und schnellen nach aussen, ohne dass sie die Pellicula und die Alveolarschicht durchbohren müssten. Nach meiner Auffassung ist dieses die Aufgabe der haarförmigen Fortsätze der Trichocysten. Einige Forscher haben sie mit dem Cnidocil der Nesselkapseln verglichen, was mir jedoch nicht angängig erscheint.

Nachdem wir die Lage und die mutmassliche Bedeutung des haarförmigen Fortsatzes kennen gelernt haben, gehen wir zur Beschreibung des Kopfes und des Körpers der Trichocyste über.

Der Kopf besitzt eine birnförmige Gestalt, ist aber insofern etwas asymmetrisch gebaut, als seine eine Seite eine leichte Einbuchtung aufweist. Mit dem Körper ist der Kopf nur leicht verbunden, so dass er oftmals auf Schnitten von ihm isoliert liegt. Querschnitte, die durch ihn hindurchgeführt werden, zeigen aufs deutlichste, dass er, wie der Körper, aus einer inneren homogenen Masse besteht, die von einer dünnen Membran mantelartig umschlossen ist. Wie aus der Entstehung der Trichocyste hervorgeht, setzt sich dieser innere Teil aus umgewandeltem Chromatin zusammen, während der Mantel aus dem kontraktilen Plastin gebildet wird. Kleine Verdickungen, die regelmässig verteilt an der Innenwand des Mantels liegen, machen es noch wahrscheinlicher, dass der Prozess der Explosion der Trichocyste auf der Tätigkeit dieser plastinen Mantelsubstanz beruht.

Untersucht man die scheinbar homogene Innenmasse bei günstiger Färbung mit stärkeren Systemen, so kann man auch an ihr eine gewisse Differenzierung wahrnehmen. Zweifellos zeigt der Kopf der Trichocyste eine komplizierte Struktur, die nur wegen der Kleinheit des Objektes schwer festzustellen ist. Warum die Trichocyste von *Frontonia* diese Sonderung in einen Kopf besitzt, ist schwierig zu erklären. Möglicherweise steht dieses Verhalten mit dem Vorgang der Explosion im Zusammenhang, da zuerst der Kopf die Ausschnellung zeigt und, getrennt von ihm, der Körper sich in das Innere des Frontonialeibes ausdehnt. Durch diese Teilung in Kopf und Körper kann zweifellos jeder Teil eine grössere Kraft bei der Ausschnellung entfalten.

Der Körper ist der bei weitem grösste Teil der Trichocyste. Er ist mindestens dreimal so lang als der Kopf; mitunter habe ich auch solche von vierfacher Länge angetroffen. Im histologischen Aufbau sind kaum wesentliche Unterschiede von dem des Kopfes zu erkennen. Es schien mir mehrfach nur die kontraktile Mantelsubstanz nicht so kräftig zu sein. Das kann aber auch auf einer Täuschung meinerseits beruhen.

Die Trichocyste wird in eingestülptem Zustande und in der Ruhelage von einem dichten Mantel kleiner Körnchen umgeben, die das ganze Corticalplasma von *Frontonia* ausfüllen, aber besonders dicht die Trichocysten umgeben. Ich bin der Ansicht, dass diese Körnchen eine grosse Rolle beim Explodieren der Trichocysten spielen, indem durch sie auf mechanischem Wege ein Druck ausgeübt wird, der den ersten Anstoss zur Ausschnellung der Trichocyste gibt.

## II. Die Entstehung der Trichocyten.

Bisher besaßen wir keinerlei genauere Beobachtungen über die Herkunft der Trichocysten. Es bestand die allgemeine Annahme, dass sie im Plasma ihre Entstehung fänden. Die Mehrzahl der Forscher war der Ansicht, dass sie an denjenigen Stellen gebildet würden, wo ihre definitive Lage

im ausgebildeten Zustande ist, nämlich im Ektoplasma oder genauer im Corticalplasma, wenn eine derartige Schicht nachgewiesen war. Einige Beobachter haben auch die Vermutung ausgesprochen, dass sie im Endoplasma entstehen könnten.

Nach meinen Beobachtungen entstehen die Trichocysten im Kern, speziell im Macronucleus, aus dem sie in Form von Chromidien auswandern. Diese Chromidien, die ich Trichochromidien nennen möchte, sind echte Kerne, da sie alle wichtigen Bestandteile eines solchen enthalten. Chromatin, Plastin und ein achromatisches Netzwerk sind während ihrer Entwicklung in ihnen nachweisbar.

Der Macronucleus von *Frontonia* lässt in seinem Innern neben dem feinwabigen achromatischen Netzwerk, dem zahlreiche Chromatinpartikelchen eingelagert sind, eine grosse Menge kleinerer und grösserer Nukleolen erkennen, die rings je von einer Vakuole umgeben sind und dadurch im Kern scharf hervortreten. Betrachtet man diese Vakuolen mit dem darin liegenden Nukleolus jedoch bei stärkerer Vergrösserung, so sieht man ausserdem zahlreiche feine achromatische Fasern, in denen der Nukleolus wie in einem Netz aufgehängt erscheint. Diese Fasern gehen direkt in das achromatische Netzwerk des Kernes über.

Bei weiteren Untersuchungen bemerkt man an den Nukleolen eine Zusammensetzung aus zwei verschiedenen Substanzen, von denen sich die eine stark färbt, während die andere, homogenere, nur schwach die Farbe annimmt. Die Entstehung dieser Nukleolen, der zukünftigen Trichochromidien, hat nun gezeigt, dass ihre eine Hälfte aus Chromatin, die andere aus Plastin besteht. Die kleinen Chromatinpartikelchen (Chromiolen im Sinne *Eisens* und *Heidenhains*) rücken auf dem Kerngerüst zu grösseren Partien zusammen, bis eine verhältnismässig starke Chromatinkugel gebildet ist. Gleichzeitig lagert sich dieser Chromatinkugel ein homogener Plastinkörper von ungefähr gleicher Grösse an, so dass der fertige Nukleolus oder das Trichochromidium aus zwei

der wichtigsten Kernelemente, dem Chromatin und Plastin, besteht.

Nach einer lebhaften Durchdringung beider Massen, die in der amoeboiden Beweglichkeit des Plastins ihre Ursache zu haben scheint, verdichtet sich das Chromatin zu einem stabförmigen Körper, der die Grundlage der zukünftigen Trichocyste bildet. Auf diesem Stadium, aber häufig noch frühzeitiger, verlassen die Trichochromidien den Kern. Die im allgemeinen ziemlich feste Kernmembran zeigt an gewissen Stellen eine völlige Auflösung, an der die Trichochromidien massenhaft den Macronucleus verlassen und in das Plasma einwandern. Hier wachsen sie zur völligen Grösse heran. Das bis dahin bläschenförmige Trichochromidium streckt sich in die Länge, da der spindelförmige Chromatinkörper in seinem Innern sich fortgesetzt vergrössert, und in seinem Plastin entsteht ein Wabenwerk, dessen grössere Waben die chromatische Achse wie einen Mantel umgeben und scheinbar deren Wachstum veranlassen. Der anfänglich grosse Plastinmantel verliert im Verhältnis zum wachsenden Chromatin sein Volumen und legt sich als dünner, kontraktiler Mantel der chromatischen Achse dicht an.

Damit ist die gröbere Form der Trichocyste gegeben. Im weiteren Verlauf der Ausbildung kommt eine allmähliche Sonderung in einen haarförmigen Fortsatz, in einen Kopf und Körper zustande.

Die jungen, nahezu ausgebildeten Trichocysten wandern an die Peripherie, indem sie sich auf den Protoplasmasträngen entlang schieben, bis sie ihre definitive Lagerung erreicht haben.

Als das wichtigste Resultat dieser Untersuchung über die Herkunft der Trichocysten muss ihre Entstehung aus umgewandelten, für einen bestimmten Zweck angepassten Kernen angesehen werden. Wenn wir bedenken, wie zahlreich die Trichocysten bei den meisten Ciliaten sind, so muss uns diese enorme Aufgabe des Macro-

nucleus zum Nachdenken anregen. Höchstwahrscheinlich entstehen die zahlreichen Basalkörperchen der Ciliatencilien auf ganz ähnliche Weise.

Wie ich auf Grund meiner Untersuchungen annehmen muss, ist die wichtigere Substanz der Trichocyste das Plastin oder das Achromatin, die ich beide für identisch halte. Das Chromatin scheint ein Stoffwechselprodukt dieser Substanz zu sein. Das Plastin gleicht in vielen Beziehungen dem Protoplasma und scheint wie dieses auch Kontraktilität zu besitzen.

Das im Plastin lagernde Chromatin setzt sich, so lange es noch im Macronucleus verteilt liegt, aus kleinen Kügelchen zusammen, die man mit *Boveri* und *Eisen* als Chromiolen bezeichnen könnte. Nach der Auffassung der letztgenannten Autoren sollen diese Chromiolen ein selbständiges Teilungsvermögen besitzen. Tatsächlich sieht es so aus, wahrscheinlich ist es jedoch, dass diese Teilungsfähigkeit dem Plastin zukommt, in das die Chromiolen eingelagert sind, so dass sie sich notgedrungen gleichfalls teilen müssen, wenn das Plastin sich teilt.

Die grosse Bedeutung, die dem Plastin im Haushalt der Zelle zukommt, scheint in den neueren cytologischen Arbeiten mehr und mehr gewürdigt zu werden. Das Plastin muss als die nicht färbbare Grundsubstanz des Kernes und auch des Plasmas angesehen werden. Beide scheinen gleich zu sein, da sie ineinander übergehen und auseinander hervorgehen können. Es macht sich in unserer Zeit das Bestreben bemerkbar, die färberisch so verschiedenen Kernstrukturen aus einer einheitlichen Grundsubstanz abzuleiten. Chromatin Achromatin oder Linin und Plastin würden bei dieser Annahme auf einander zurückführbar sein. Das Chromatin fällt durch seine starke Färbbarkeit sofort auf, und man hat es lange Zeit und auch heute noch, als die wichtigste Substanz des Kernes bezeichnet. Dieses scheint aber nicht der Fall zu sein, da es sich immer an den Stellen in grossen

Massen bildet, wo ein reger Stoffwechsel der Zelle stattfindet. Es liegt, wie ich schon mehrfach betont habe, nicht frei, sondern in einer schwachfärbaren Grundsubstanz, dem Plastin, dem eine grössere Rolle im Leben der Zelle zukommen scheint als dem Chromatin. Plastin vermag chromatische Substanz zu bilden, aber es entsteht, soweit die Beobachtungen reichen, niemals umgekehrt Plastin aus Chromatin. Nun bildet sich aber das Plastin, wie neuere Untersuchungen gezeigt haben, aus dem Achromatin oder Linin des Kernes. Dieses stimmt in seinem Verhalten auffällig mit dem Protoplasma überein und scheint, wie gesagt, gleichfalls Kontraktilität zu besitzen.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass wir in der Linin-Substanz oder im Achromatin des Kernes und des Protoplasmas den unmittelbaren Träger aller Lebenserscheinungen vor uns haben. Die besondere Form der Chromosomen und ihre Bewegungserscheinungen scheinen durch diese Grundsubstanz verursacht zu werden. Wird durch weitere Untersuchungen bestätigt, dass Plastin und Chromatin nicht als zwei verschiedene Substanzen, sondern als blosse Zustandsphasen derselben Grundstruktur, nämlich des Achromatins, aufzufassen sind, dann vereinfacht sich der scheinbar so überaus komplizierte Bau des Kernes und Protoplasmas ausserordentlich.

In beiden Fällen würden wir die gleiche achromatische Grundstruktur antreffen, und wir würden uns demnach wieder zu dem alten Satz bekennen müssen, den neuerdings *R. Hertwig* mit Nachdruck in seinen Publikationen hervor-gehoben hat, dass das Protoplasma der Träger der Lebensfunktionen ist.

### III. Der Vorgang der Ausschnellung und die Funktion der Trichocysten.

Eingangs wurde erwähnt, dass wir einige Infusorien kennen, die nesselkapselähnliche Trichocysten mit ausstülp-

barem Faden besitzen. Ferner sind sogar echte Nesselkapseln mit aufgerollten Fäden bei *Epistylis umbellaria* festgestellt. Es kann uns also nicht in Erstaunen versetzen, wenn auch die Trichocysten der übrigen Ciliaten auf ähnliche oder dieselbe Weise explodieren, indem sie einen Faden aus ihrem Innern zur Ausstülpung bringen. Nur geht dieser Vorgang so ausserordentlich schnell vorüber und ist zu gleicher Zeit mit einer starken Längsstreckung der elastischen Trichocyste verbunden, dass er schwierig zu beobachten ist, woraus sich die verschiedenen Ansichten erklären lassen, die über den Vorgang der Explosion bekannt geworden sind. Tatsächlich geschieht dieser Prozess mit so grosser Schnelligkeit, wenn er nicht künstlich durch Uebergiessen mit heissen Fixierungsflüssigkeiten aufgehalten wird, dass man leicht zu der Ansicht *Verworn's* etc. kommen konnte, die Trichocysten seien erstarrte Fäden einer ausgepressten Flüssigkeit.

Diese Auffassung, die neuerdings noch mehrfach ihre Vertreter gefunden hat, lässt sich schon auf Grund der komplizierten Struktur der Trichocysten nicht mehr aufrecht erhalten.

Man hat es jedoch mit Hilfe der obengenannten Methode in der Hand, den Vorgang des Ausschnellens beliebig verlangsamten zu können, so dass man ihn schrittweise verfolgen kann.

Es lässt sich nun bei *Frontonia leucas* mit aller Deutlichkeit feststellen, dass ein Faden wie bei einer Nesselkapsel aus der Trichocyste ausgestülpt wird. Ob dieser Faden, der auf Querschnitten hohl erscheint, wie bei den Nesselkapseln der Cnidarier aufgerollt ist, konnte nicht festgestellt werden, scheint aber auf Grund sorgfältiger Beobachtungen nicht wahrscheinlich zu sein. Auffällig könnte nur die enorme Länge des ausgeschnellten Fadens im Verhältnis zur Grösse der Kapsel erscheinen, jedoch ist es ungefähr dasselbe Verhältnis wie bei den echten Nesselkapseln. Ausserdem muss man mit der nachfolgenden Längsstreckung der

ganzen Trichocyste rechnen, die sich aus einem spindel-förmigen Gebilde in ein schmales stäbchenförmiges Organ verwandelt.

Ich erwähnte schon, dass sich die Ausstülpung des Fadens durch Uebergiessen mit heissen Fixierungsflüssigkeiten beliebig unterbrechen lässt, so dass man alle Stadien der Ausschnellung zu Gesicht bekommen kann. Bei den auf diese Weise behandelten Objekten entsteht bei Beginn der Ausstülpung ein kleiner durchsichtiger Faden auf dem Kopf der Trichocyste und dieser Faden, der aus dem Inneren der Trichocyste kommen muss, da diese unverändert ihre Gestalt und Grösse beibehält, verlängert sich mehr und mehr, bis er weit über den Rand der Pellicula hinausragt. Die Trichocyste selbst bleibt während dieses ganzen Vorgangs unverändert in ihrer alten Lage im Corticalplasma.

Dass dieser Faden nicht aus einer erstarrten, aus-gepressten Flüssigkeit bestehen kann, beweist erstens der hohle Querschnitt desselben, zweitens seine gleichmässige Dicke in Verbindung mit der entsprechenden glatten Beschaffenheit seiner Wand und schliesslich die Tatsache, dass er bei einer Maceration in zahlreiche Fibrillen zerfällt. Es ist demnach ganz unmöglich, dass dieser ausgeschnellte Faden eine erstarrte Flüssigkeit ist.

Hat der Faden sich zu seiner vollen Länge ausgestülpt, beginnt plötzlich ein Vorgang an der Trichocystenkapsel, der ein gewisses Licht auf ihre Kontraktilität zu werfen vermag. Der Kopf sowohl wie auch der Körper zeigen plötzlich eine starke Längsstreckung, die so kräftig ist, dass nicht nur die ganze Trichocyste stäbchenförmig wird und mit dem ausgestülpten Faden eine stabförmige, gleichmässige Masse bildet, sondern bei ihrem Druck in das Innere des Plasmas hinein eine kräftige Schängelung erfährt.

Im normalen Zustande fliegt natürlich die Trichocyste durch diese ruckartige Streckung ihres Körpers aus dem Tier hinaus, was in unserm Falle nur schwer möglich ist,

da das Tier durch die Behandlung mit heissen Lösungen plötzlich abgetötet wird, ehe es Zeit hat, sich seiner Trichocysten völlig zu entledigen.

Während der Ausstülpung des Fadens machen sich im Innern desselben kleine Kügelchen bemerkbar, die ich für die erstarrte Flüssigkeit halte, die durch die Trichocysten ausgestossen werden sollte.

Auf Grund der angeführten Beobachtungen kann es wohl kaum einem Zweifel unterliegen, dass die Trichocysten wie Nesselkapseln einen Faden ausstülpfen, um sich dann intensiv in die Länge zu strecken, so dass ein stäbchenförmiges Gebilde resultiert, an dem weder ein Kopf noch ein Körper nachweisbar ist. In den meisten Fällen ist auch das haarförmige Spitzenstück restlos in der ausgeschnellten, stabförmigen Trichocyste aufgegangen. Häufig bemerkt man aber an seiner Stelle einen kleinen beutelförmigen Anhang, oder einen zarten umgeknickten Faden. Es kann dieser kleine zarte Anhang an der Spitze der ausgeschnellten Trichocyste auch eine spiralförmige Einrollung zeigen oder er kann hakenförmig umgebogen sein. Weiterhin ist eine kegelförmige oder pfeilspitzenförmige Gestalt desselben nicht selten.

Wie man sieht, sind die Formen dieses Anhangs sehr verschieden, was ich auf seine zarte Beschaffenheit zurückführen möchte. Wie mir scheint, ist er der umgewandelte haarförmige Fortsatz, der an der in Ruhe befindlichen, unausgeschnellten Trichocyste von mir eingangs genauer beschrieben wurde. Er muss, wie gesagt, äusserst zart sein, sonst könnte er unmöglich solche verschiedenen Formen annehmen. Hervorheben möchte ich nochmals, dass er an einer völlig ausgeschnellten Trichocyste nicht mehr zu sehen ist, da er in direkter Verlängerung unmerklich in den übrigen Körper übergeht. Er scheint eine klebrige Beschaffenheit zu besitzen, so dass er sofort umknickt, wenn die Trichocyste noch nachträglich auf dem Objektträger bewegt wird. Haarförmiger Fortsatz und Kopf werden von

den Autoren vielfach verwechselt. Ich werde darauf, sowie auf die einschlägige Literatur, in meiner ausführlichen Arbeit näher eingehen. Was nun zum Schluss die Funktion der Trichocysten anbetrifft, so sehe ich in ihnen, in Uebereinstimmung mit den Ansichten der meisten übrigen Autoren, Verteidigungswaffen der Tiere. Man hat in ihnen auch Angriffswaffen vermutet, doch keine der zahlreichen Beobachtungen meinerseits unterstützen bei *Frontonia leucas* diese Auffassung. Dass sie zur Verteidigung gebraucht werden, habe ich oftmals beobachten können.

Bei einer Anzahl von Ciliaten sind trichocystenähnliche Gebilde beschrieben worden, die auf Grund mehrfacher Beobachtungen zweifellos zum Angriff verwendet werden. Man hat sie zum Unterschied von den Verteidigungstrichocysten Trichiten genannt. Sie kommen bei *Frontonia leucas* nicht vor, sind aber z. B. bei *Trachelophyllum apiculatum*, *Spathidium spathula*, *Pseudoprorodon niveus*, *Enchelyodon farctus*, *Lacrimaria olor* und vielen anderen Ciliaten beschrieben worden. Häufig sind diese Trichiten mit dem Reusenapparat mancher Ciliaten verwechselt worden.

Zweifellos sind grosse Uebereinstimmungen zwischen Nesselkapseln und Trichocysten vorhanden. Nicht nur kommen typische Nesselkapseln bei Protozoen vor, sondern auch die Trichocysten zeigen, wie ich nachgewiesen zu haben glaube, grosse Aehnlichkeit in ihrer Struktur, Entstehung und Wirkungsweise mit den Nesselkapseln.

---

In der ausserordentlichen Sitzung vom 28. Juni sprach Herr W. Harms:

### **Ueber den Einfluss des kastrierten auf den normalen Komponenten bei Parabiose von Rana.**

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Marburg.)

Bekanntlich gibt es im Körper der Tiere eine Reihe von Drüsen deren Funktion insofern eine absonderliche ist, als keine Ausführungsgänge mehr zum Ableiten des Sekrets vorhanden sind. Ich nenne nur als Beispiel die Thyreoidea, die Nebenniere etc. Da nun nach Verlust dieser drüsigen Organe schwere Ausfallerscheinungen sich bemerkbar machen, die nach Retransplantation schwinden, so ist zweifellos diesen Drüsen eine secernierende Funktion zuzuschreiben und zwar denkt man sich diese so, dass ihr Sekret direkt in die Blutbahn abgegeben wird, ein Vorgang, der als „innere Sekretion“ jetzt allgemein bezeichnet wird.

Eine eigenartige Stellung unter den Drüsen des Körpers nehmen die Geschlechtsdrüsen ein. Sie funktionieren abweichend von allen anderen Drüsen des Körpers schon dadurch, dass sie ganze Zellen, die Keimzellen, nicht aber Zellsekrete in der Hauptsache absondern; und zwar beim Männchen der Wirbeltiere durch die Ausführungsgänge der Hoden, beim Weibchen durch den Vorgang der Ovulation. Damit scheint nun aber die Funktion der Keimdrüsen für den Organismus, wenigstens was die Wirbeltiere anbetrifft, nicht erschöpft zu sein, denn nach einer Entfernung der Keimdrüsen, nament-

lich im jugendlichen Alter, machen sich Ausfallerscheinungen bemerkbar, die die sekundären männlichen und weiblichen Geschlechtsmerkmale betreffen. Man hat daher auch den Keimdrüsen neben ihrer Hauptfunktion, der Produktion der Keimzellen noch eine andere zugeschrieben, die, vermöge der inneren Sekretion oder nach einer anderen Auffassung durch reinen Nerveneinfluss, bei den betreffenden Individuen die spezifischen Geschlechtsattribute, die sekundären Geschlechtsmerkmale, hervorzubringen und zu erhalten vermag. Aus welchen Zellelementen der Keimdrüsen nun die Beeinflussung durch innere Sekretion ausgeht, ist zur Zeit noch unklar. Beim Hoden neigen eine ganze Reihe von Forschern der Ansicht zu, dass es die Zellen der Zwischensubstanz, die interstitiellen Zellen sind, die diese innere Sekretion ausüben; andere wieder machen allein die Keimzellen dafür verantwortlich. Ebenso wenig geklärt scheint mir die Frage des Nerveneinflusses auf die sekundären Geschlechtsmerkmale zu sein.

Wie dem nun auch sei, jedenfalls ist bei Wirbeltieren die Entwicklung der sekundären Geschlechtsmerkmale von der Keimdrüse abhängig. Als besonders günstiges Versuchsobjekt zum Studium dieser Verhältnisse kann der braune Grasfrosch gelten, da ja beim männlichen Tier dieser Spezies die sekundären Geschlechtsmerkmale in Form von Daumenballen besonders auffällig ausgeprägt sind. Die Daumenballen bestehen aus einem Complex von einfachen acinösen Drüsen, die durch die Epidermis nach aussen münden. Ganz analog mit der Ausbildung der Samenzellen, die innerhalb eines jährlichen Cyclus erfolgt, ist nun auch die Ausprägung der sekundären Geschlechtsmerkmale. Den höchsten Grad der Ausbildung erreichen sie kurz vor und während der Brunstzeit im Frühling, um dann von Mitte Mai bis Juni, wo auch die Spermatogenese ruht, sich rückzubilden. Sobald dann Ende Juni die Samenzellbildung beginnt, nehmen auch die sekundären Geschlechtsmerkmale, Daumenballen und Vorderarmmuskeln des Männchens wieder an Umfang zu, wie dies M. Nuss-

baum<sup>1)2)</sup> und H. Gerhartz<sup>3)</sup> nachgewiesen haben. Der erstere Autor wies nun auch nach, dass bei einem kastrierten Tiere, entweder die Daumenballen und Vorderarmuskeln sich rückbilden, wenn sie schon entwickelt sind beim Zeitpunkt der Kastration, oder sich nie mehr zu entfalten vermögen, wenn sie zur Zeit der Operation nicht vorhanden waren. Allerdings findet immer bei Kastraten kurz vor dem Winterschlaf, also wenn die Spermatogenese bei normalen *Rana fusca* vollendet ist und die Daumenballen schon sehr geschwollen sind, eine ganz leichte Zunahme der Drüsen der Daumenballen statt, wie ich das an lange kastrierten Tieren und wie das auch Steinach<sup>5)</sup> feststellen konnte; eine Tatsache, die mir nicht ohne weiteres erklärlich ist. M. Nussbaum suchte nun in ausgedehnten Untersuchungen zu analysieren, welcher Art der Einfluss sei, den die Hoden offenbar auf die Brunstorgane ausüben; er kam zu dem Schlusse, dass dieser Einfluss der inneren Sekretion zuzuschreiben sei, also eine rein chemische Wirkung wäre, die nicht nur vom lebenden Hoden, sondern auch von überlebender, aus dem Zusammenhang mit Gefäßen und Nerven gelöste Hodensubstanz ausgeht. Letzteres wies er so nach, dass er einem Kastraten lebensfrische Hoden aseptisch in den Lymphsack brachte, oder ihm Hodenbrei injizierte, in beiden Fällen war eine Zunahme der Daumenballen zu konstatieren. Ich selbst habe die Versuche,

---

1) M. Nussbaum, Innere Sekretion u. Nerveneinfluss. Merkel-Bonnets Ergeb. Bd. XV. S. 39.

2) M. Nussbaum, Hoden und Brunstorgane des braunen Landfrosches (*Rana fusca*). Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 126. 1909.

3) H. Gerhartz, Rudimentärer Hermaphroditismus bei *Rana esculenta*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 65. 1902.

4) W. Harms, Hoden und Ovarialinjektion bei *Rana fusca*-Kastraten Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 133. 1910.

5) E. Steinach, Geschlechtsbetrieb und echt sekundäre Geschlechtsmerkmale als Folge der innersekretorischen Funktion der Keimdrüsen. Centralbl. f. Physiol. Bd. 24. 1910.

durch Injektion von Hodenbrei bei einem Kastraten die Daumenschwielen wieder zu erzielen wiederholt, namentlich um zu prüfen, ob auch vielleicht Ovarialsubstanz dieselbe spezifische Eigenschaft haben könnte wie Hodenbrei. Ich operierte an Fröschen, die ein Jahr kastriert waren, konnte aber trotz langer Injektion keine Zunahme erzielen. Jedoch liess sich bei dem Versuche eine andere bemerkenswerte Tatsache feststellen, die Steinach (l. a. S. 39) bestätigt hat; es war nämlich jedesmal nach einer Injektion von Hoden- oder Ovarialsubstanz ein Klammerungsreiz auszulösen, der sonst nur bei normalen Fröschen vorhanden ist. Somazellen haben dagegen diese Wirkung nicht. Zwei Tage nach der Injektion ist der Reiz schnell im Abklingen begriffen und hört am dritten Tage ganz wieder auf.

Die Frage, ob wirklich der Einfluss der Hoden auf die Brunstmerkmale auf innere Sekretion beruhe, die nach M. Nussbaum darin besteht, dass das Hodensekret in das Blut aufgenommen wird und, wie ein spezifisches Gift nur auf gewisse nervöse Zentren wirkt, bestimmte Gangliengruppen reizt, die alsdann vermittelt centrifugaler peripherer Nerven Form und Stoffwechseländerungen in den von ihnen innervierten Organen anregen, war also nach meinen Injektionsversuchen noch nicht abschliessend entschieden, da sie ja in einem gewissen Gegensatz zu M. Nussbaums Versuchen stehen. Welche Gründe für meine abweichenden Befunde massgebend sind, lässt sich zur Zeit nicht sagen, da ich mich selbst von den glänzenden Befunden von M. Nussbaum überzeugen konnte.

Klarheit über diese Frage glaubte ich durch Modifikation des Experiments zu erzielen. Ich habe daher in diesem Frühling eine Reihe von Versuchen begonnen, die mir geeignet erscheinen, den Einfluss der Hoden auf die Brunstmerkmale darzulegen. Ich hoffte das mit Hülfe der Parabiose oder der sogenannten Parallelvereinigung, wie sie von Korschelt

zuerst genannt und an Regenwürmern ausgeführt wurde, zu erreichen. Nach den Versuchen von Sauerbruch und Heyde<sup>1)</sup> an Kaninchen war es wahrscheinlich, dass bei einer derartigen Parallelvereinigung ein lebhafter Stoffaustausch zwischen den beiden Komponenten stattfinden musste. In der Tat konnten die beiden vorgenannten Autoren dann auch bei den Versuchstieren feststellen, dass bei Einspritzung von Jodlösung oder salicylsaurem Natron in die Blutbahn des einen Tieres, sich diese Substanzen nach 1—2 Stunden im Harn des anderen Tieres nachweisen liessen. Wenn also ein frisch kastriertes Tier mit einem normalen parallel vereinigt wird, so müssen, wenn die sekundären Brunstmerkmale durch innere Sekretion hervorgerufen werden, letztere bei den Kastraten sich unverändert erhalten, da ja das in das Blut übergetretene Sekret von dem normalen Tiere auch in das des kastrierten Komponentens übertritt.

Die Versuche wurden Anfang März an *Rana temporaria* ausgeführt. Die Tiere wurden vor der Operation in tiefe Narkose versetzt, die mindestens  $1\frac{1}{2}$ —2 Stunden anhalten muss. Zuerst wird ein Tier vollständig kastriert und zwar von der linken Seite her, darauf wird bei dem normalen Tier die Bauchhöhle an der rechten Seite eröffnet und zuerst die Bauchmuskelwände der beiden Tiere mit einander fest durch Catgutnähte aneinandergesetzt unter mehr oder weniger grosser Kommunikation der Bauchhöhlen. Darauf werden dann auch die Hautwundränder der beiden Tiere durch Knopfnähte mit einander vereinigt. Damit ist die eigentliche Operation beendet, es ist nun noch eine möglichst weitgehende Immobilisierung der Partner anzustreben, damit eine ungestörte Heilung der Bauchwunden eintreten kann. Da ein Verband bei einem Frosch nicht angängig ist, auch

---

1) F. Sauerbruch u. M. Heyde, Ueber Parabiostase künstlich vereinigter Warmblüter. Münch. Med. Wsch., N. 4 1908.

von den Tieren wegen ihrer intensiven Hautatmung und häufigen Häutung nicht ertragen wird, muss man die Tiere auf andere Art und Weise fixieren. Das gelang auf die Weise, dass dicke Seidenfäden unter die Haut gelegt wurden, und zwar so, dass der Faden in Form einer 8 beide Tiere an verschiedenen Stellen umschlang, so im Nacken, um die neben einander gelegenen Extremitäten etc. Für Ein- und Austritt des Fadens darf nur eine Oeffnung an der dem betreffenden Partner zugekehrten Seite sein, um die Infektionsgefahr zu vermeiden. Oberhalb der dorsalen Hautnaht wurde dann in der ersten Zeit immer noch eine Sicherungsnaht angelegt. Die operierten Tiere wurden in sterilen Glaschalen mit etwas Wasser gehalten, sodass sie etwa zur Hälfte davon bedeckt waren, wenn die Tiere sich dann bewegen ist die Reibung im Wasser geringer als im trocknen Glase. Die Tiere müssen täglich wohlmöglich zweimal gereinigt werden. Sowie nur eine Spur von Sepsis sich bemerkbar macht, ist der Tod der Tiere sicher. Die Nähte fallen gewöhnlich nach 8—10 Tagen von selbst heraus eventuell kann man etwas nachhelfen.

Vor dem Versuche ist natürlich eine genaue Besichtigung des Zustandes der Frösche nötig, namentlich darauf hin wie ihr Ernährungszustand und die Daumenschwielen beschaffen sind. Auch gewogen müssen die Tiere werden, damit nach dem Versuche eine eventuelle Gewichtsabnahme festgestellt werden kann. Das ist nötig, um den Einwänden begegnen zu können, die Schwielen hätten sich durch Unterernährung zurückgebildet, was in der Tat bei schlechter Fütterung oder Hunger eintreten kann. Meine Versuchstiere wurden schon zwei Tage nach der Operation gefüttert, sie verdauten auch ganz gut, und am Ende der Versuchzeit war nie ein Gewichtsverlust eingetreten.

Es wurden von *Rana temporaria* vier gelungene Parallelvereinigungen gemacht; drei davon waren so ausgeführt, dass ein normales Männchen mit einem Kastraten ver-

einigt war, bei einem Versuch war der normale Partner ein Weibchen, das noch nicht abgelaicht hatte. Die ersten drei Versuchspaare waren je zwei, bzw. einen Monat und 16 Tage vereinigt. Der letzte Versuch hatte eine Dauer von 39 Tagen. Die Versuche konnten nicht länger als auf zwei Monate ausgedehnt werden, da von Mitte Mai an die Daumenballen sich auch normaler Weise zurückbilden wegen der vollständigen Beendigung der Brunstzeit, jedoch nur in sofern, als die Drüsen klein werden, nicht aber wie bei Kastraten schwinden.

Die beiden Tiere, die zwei Monate mit einander vereinigt waren, wurden am 19. Mai getötet und in Zenker fixiert. Die Sektion ergab, dass die Kastration bei dem einen Tier eine vollständige gewesen war, der Fettkörper jedoch, der sonst bei Kastraten weiss wird, war hier intensiv gelb geblieben, wie beim normalen Tier. Ein Befund, der auch bei allen gleichartig operierten Tieren, auch wo der normale Partner ein Weibchen war, wiederkehrte. Bei allen mit einem normalen Männchen oder Weibchen vereinigten Kastraten war ausserdem stets der Brunstreiz wie bei einem normalen Tier auszulösen, was bei einem Kastraten nicht möglich ist. Was nun die Daumenschwielen anbetrifft, so war äusserlich mit blosen Auge betrachtet kein allzu grosser Unterschied zwischen beiden Tieren zu konstatieren; allein die mikroskopische Untersuchung ergab bei dem kastrierten Partner einen fast vollständigen Schwund sowohl der Drüsen wie auch der Höcker der Epidermis, obwohl sie beim normalen Partner gut erhalten waren. Dasselbe Resultat erzielte ich mit Tieren, die weniger als 2 Monate vereinigt waren, auch da war schon nach 16 Tagen in einem Falle bei dem Kastraten eine beginnende Atrophie der Daumenballen im mikroskopischen Präparat festzustellen, die dann normal, wie sonst auch bei unbeeinflussten Kastraten, weiter geht. Bei Tieren, die einen Monat vereinigt waren war der Unterschied schon ein ganz enormer. Auch bei den mit einem normalen nicht abgelaichten Weibchen vereinigten Kastraten waren

nach einem Monate die Drüsen der Daumenballen im Schwinden begriffen, obwohl sich bei der Sektion ergab, dass die Bauchhöhlenkommunikation sehr gut gelungen war. Ein Ovarium war in den Bauch des Kastraten eingetreten, ohne Verwachsungen zu zeigen.

Bei den Versuchen ergab sich also direkt das Entgegengesetzte von dem was erwartet werden konnte. Die sekundären Geschlechtsmerkmale des Kastraten konnten nicht durch den normalen Partner auf der Höhe ihrer Ausbildung erhalten bleiben. Trotzdem hatte doch offenbar eine Beeinflussung durch letzteren stattgefunden, denn der Brunstreiz konnte ausgelöst werden und auch das Merkmal eines Kastratenfrosches, der weisse Fettkörper, den M. Nussbaum nachgewiesen hat, war nicht aufgetreten. Es müssen also offenbar spezifische Substanzen durch die Säfte der normalen Tiere dem Kastraten zugegangen sein. Man kann nun annehmen, dass der Säfteaustausch kein so intensiver war, um die sekundären Merkmale vor den Folgen der Kastration zu bewahren, oder wir müssen einen wirksamen Einfluss auf die sekundären Merkmale der Kastraten seitens des normalen Partners vielleicht überhaupt von der Hand weisen, wenn wir M. Nussbaums Definition von dem Ablauf der Reize auf die sekundären Merkmale heranziehen. Nach ihm wird das Hodensekret zwar in das Blut aufgenommen, wirkt dann aber nicht direkt auf die sekundären Geschlechtsmerkmale, sondern wie ein spezifisches Gift auf gewisse nervöse Centren, die dann erst vermittels zentrifugalen peripherem Nerven auf die von ihnen innervierten Organe wirken. M. Nussbaum hat experimentell nachgewiesen, dass wenn man die Nerven, die zu den Daumerschielen führen, durchschneidet, ein Schwund der letzteren eintritt. Von einer Inaktivitätsatrophie kann man hier nicht sprechen da die Drüsen zur Zeit des Versuches überhaupt noch keine Funktion besaßen.

Nehmen wir nun an, dass das Sekret der Hoden des normalen Partners in die Blutbahn gelangt, so wird der Reiz

auf das betreffende Nervenzentrum, von dem die Schwielen innerriert werden, unverändert fortbestehen, auch die Schwielen werden normal bleiben müssen; anders bei dem kastrierten Partner; in seinen Kreislauf gelangen zwar von dem normalen Partner Blutmengen und damit auch spezifische Sekrete, die aber dann erst sekundär, vielleicht auch schon modifiziert auf das erwähnte Zentrum des Kastraten einwirken, ausserdem noch in sehr abgeschwächtem Masse, sodass die Daumenballen trotzdem schwinden müssen.

Vorliegende Versuche erachte ich jedoch keineswegs als abgeschlossen, obwohl sie ja mit meinen Versuchen mit langandauernder Injektion von Hoden- und Ovarials substanz übereinstimmen; auch bei diesen Versuchen war nach jeder erneuten Injektion der Brunstreiz auszulösen; ein Wachstum der Daumenballen fand dagegen nicht statt. Ergänzende Versuche sollen nun im August bis Oktober noch nach der Richtung hin gemacht werden, dass Kastraten mit schon rückgebildeten Daumenballen, die ich jetzt schon bereit habe, mit normalen Tieren, Männchen und Weibchen vereinigt werden, um festzustellen, ob nicht eine, wenn auch nur geringe Zunahme der Daumenschwielen dadurch zu erzielen ist.

---

Weiter folgte der Vortrag des Herrn W. Harms:

**Bemerkungen zu einer Demonstration  
von Ovarialtransplantation auf fremde Species bei  
Lumbriciden und Tritonen.**

Es wurden eine Reihe von Präparaten, zunächst von *Lumbricus* und *Allolobophora*, vorgeführt, die zeigen sollten, dass ein transplantiertes Ovarium von einer Species (*Lumbricus*) auf eine andere fremde Species (*Allolobophora*) nicht nur normal einheilte, sondern auch seine Funktionen beibehalten kann. Der Erhaltungszustand war noch nach einem Jahre ein vorzüglicher.

Auch beim Triton heilten die artfremden Ovarien an, jedoch nur bei etwa 10% aller Fälle. Die Präparate zeigten gelungene Transplantate von zehn Tagen bis 3 $\frac{1}{2}$  Monaten nach der Operation. Genau wie bei der Transplantation, auf die gleiche Art, werden zuerst die grösseren, reifen Eier rückgebildet, während die Primordialeier erhalten bleiben, und durch Vermehrung das Organ regenerieren. Zahlreiche Mitosen und neugebildete Eier zeigten das intensive Wachstum der Transplantate.

---

In der der wissenschaftlichen Sitzung folgenden Wahlsitzung wurden zu ordentlichen Mitgliedern gewählt die Herren: Prof. Dr. Diels, Prof. Dr. Gürber, Prof. Dr. Matthes, Prof. Dr. Römer, Prof. Dr. Schmidt und Prof. Dr. Zangenmeister.

Zu ausserordentlichen Mitgliedern wurden folgende Herren gewählt: Herr Dr. Ernst, Berlin, Herr Privatdozent Dr. Bruns, Herr Dr. Grüter, Herr Prof. Dr. G. Fischer, Herr Prof. Dr. Keller, Herr Dr. Martin Schenck.

---

# Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der  
gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

---

---

Nr. 3

Juli

1911

---

---

In der Sitzung vom 12. Juli sprach Herr Römer:

## Ueber den Erreger der Meerschweinchenlähme.

Im hiesigen ärztlichen Verein habe ich kürzlich über eine von mir beobachtete und als „Meerschweinchenlähme“ bezeichnete Erkrankung berichtet, die in mannigfacher Hinsicht Interessantes bot. Sie schien mir vor allem beachtenswert wegen der frappanten Aehnlichkeiten, die sich in klinisch-symptomatologischer, pathologisch-histologischer und besonders in ätiologischer Hinsicht zwischen ihr und der Kinderlähmung des Menschen zeigten, mit der wir vor 2 Jahren in Deutschland und speziell auch bei uns in Marburg in so un erfreulich-intensive Berührung gekommen sind. Meine Untersuchungen über diese Meerschweinlähme habe ich inzwischen fortgesetzt und ich möchte an dieser Stelle über diese erweiterten Erfahrungen berichten, da die Erkrankung in ätiologischer Hinsicht zweifellos ein allgemein-biologisches Interesse beanspruchen darf.

### I.

Zunächst möchte ich einige Bemerkungen über das Krankheitsbild des Versuchstieres, dargestellt auf Grund meiner erweiterten sich nunmehr über 80 Tiere erstreckenden Erfahrungen, voraussenden.

Die spontane Erkrankung tritt vereinzelt auf. Im letzten Halbjahr habe ich insgesamt 2 Fälle gesehen; es scheint mir

allerdings, dass in früheren Zeiten, als wir die Krankheit auch schon sahen, ihr aber noch keine grössere Aufmerksamkeit schenkten, die Fälle etwas reichlicher gewesen seien. Jedenfalls handelt es sich um eine bisher nur sporadisch auftretende Erkrankung. Wir erkennen sie an Lähmungserscheinungen. Diese Lähmungen sind aber nur das Endstadium der Erkrankung und um den gesamten Krankheitsverlauf zu verfolgen, müssen wir uns an die künstlich erzeugte Erkrankung halten. Die beigegebenen Temperaturkurven von 12 Tieren, bei denen ich vom Moment der Infektion ab täglich zweimal die Temperatur gemessen und die Krankheitserscheinungen genau von Tag zu Tag verfolgt habe, zeigen übersichtlich den Verlauf des Prozesses. Der Infektion folgt zunächst ein Inkubationsstadium, während dessen Temperatur und Gewichtsverhältnisse im wesentlichen normal bleiben. Das Inkubationsstadium bis zum Auftreten der ersten Fieberbewegungen dauert 8 bis 13 Tage, durchschnittlich 11 Tage. Die Zeit bis zum Auftreten der ersten deutlichen „nervösen“ Erscheinungen beträgt 9 bis 40 Tage, durchschnittlich  $15\frac{1}{2}$  Tage. Das Gros der Tiere erkrankt zwischen dem 11. bis 16. Tag. Mit Beginn der Lähmungen sinkt das Fieber ab, ebenso das Gewicht, so dass Temperatur- und Gewichtskurve schliesslich parallel verlaufen bzw. sich decken. Die Dauer der Krankheit schwankt zwischen 2 bis 36 Tagen (durchschnittlich 12 Tage). Die Länge der Inkubationszeit hängt sehr von der Infektionsdosis ab; je grösser die Dosis, um so kürzer die Inkubation. Bei gleichmässig geimpften Tieren setzten die Krankheitserscheinungen meist genau auf den gleichen Tag ein; die Dauer der nachfolgenden Krankheit kann aber gleichwohl sehr verschieden sein.

Die „nervösen“ Erscheinungen beginnen mit einer eigentümlichen Muskelschlaffheit des Tieres, besonders im Bereich des Hinterkörpers; es gesellt sich ausgesprochene Schwäche der hinteren Extremitäten hinzu, die immer mehr zunimmt

und schliesslich in völlige Lähmung übergehen kann. Viel seltener werden auch die vorderen Extremitäten befallen, noch seltener diese allein oder zusammen mit der Nackenmuskulatur. Gelegentlich besteht auch Blasenlähmung. Der Tod erfolgt unter enormer Abmagerung des Tieres. (Demonstration lebender, gelähmter Meerschweine.)

Pathologisch-histologisch findet sich eine hauptsächlich aus Lymphocyten gebildete Infiltration der Pia mater im Bereich des Gehirns und Rückenmarks, die mit den Gefässen auch auf die nervöse Substanz übergreift. Sie findet sich hier innerhalb der weissen Substanz fast ausschliesslich als Infiltrate in der Umgebung der Gefässe, während sie in der grauen Rückenmarkssubstanz auch sonst im Gewebe sich findet, besonders intensiv in der Umgebung des Centralkanals. Diese Infiltrate der grauen Rückenmarkssubstanz führen sekundär zur Ganglienzellschädigung, zur Ganglienzell-rarefizierung und schliesslich zu ihrem Schwund, woraus sich sehr einfach die Lähmungen erklären. Wir finden also eine disseminierte Entzündung im Zentralnervensystem, bei der die gewöhnlichen Eiterzellen, die polynucleären Leukocyten, sehr zurücktreten gegenüber den Lymphocyten. Die Entzündung betrifft hauptsächlich die Pia mater, sodann die Substanz des Gehirns und Rückenmarks selbst, besonders in Form an die Gefässe geknüpfter Infiltrate. (Demonstration von Präparaten.)

Die Erkrankung zeigt also sowohl in ihrem klinisch-symptomatologischen wie in ihrem pathologisch-histologischen Verhalten auffallende Aehnlichkeiten mit der Poliomyelitis acuta des Menschen.

## II.

Bei der färberischen Untersuchung von Ausstrich- und Schnittpräparaten mit Hilfe verschiedener Färbemethoden fanden sich auch im Bereich der intensivsten Läsionen keinerlei fremdartige, mit Sicherheit als Parasiten anzusprechende Gebilde. Ebenso versagte der Kulturversuch trotz Anwendung vielfach modifizierter Nährböden. Gleich-

wohl ist die Ursache der Erkrankung ein lebendes Virus. Den Beweis führt unschwer das Tierexperiment. Wegen der zweifellosen elektiven Beziehungen des vermuteten Virus zum Centralnervensystem machte ich vor allem von der intracerebralen Verimpfung von Gehirn-Rückenmarks-Emulsionen erkrankter Meerschweine auf andere Meerschweine Gebrauch; ich verwandte also dieselbe Methode, mit der in bewusster Anlehnung an die Hundswut-Versuche Pasteurs vor 1 $\frac{1}{2}$  Jahren der Nachweis glückte, dass die Ursache der Kinderlähmung des Menschen ein lebendes Virus ist. Es gelingt mit dieser Methode leicht und sicher die Krankheit von Meerschwein zu Meerschwein zu verimpfen; das Virus hat nunmehr schon 8 Generationen Meerschweine passiert. Ich brauche wohl nicht hinzuzufügen, dass die Kontrollverimpfung von Gehirn-Rückenmarks-Emulsionen normaler, nicht gelähmter Meerschweine keine Lähmungen zur Folge hatte. Damit ist der Beweis geliefert, dass die Ursache der Meerschweinchenlähmung ein lebendes Virus ist. Um gleich seine wichtigste Eigenschaft vorweg zu nehmen, so ist mitzuteilen, dass das Filtrat von Rückenmarks-Emulsionen die nach entsprechender Verdünnung durch ein bakteriedichtes Filter geschickt waren, wirksam blieb. Es gehört das Virus somit zu den sogenannten filtrierbaren Virusarten.

Die erste Bekanntschaft mit dieser Gruppe von Krankheitserregern verdanken wir Untersuchungen von Löffler und Frosch, die — wie das so häufig geschieht — in der Absicht etwas ganz anderes zu finden, diese neue Art von Parasiten entdeckten. Bei ihren Untersuchungen über die Maul- und Klauenseuche suchten sie aus dem Inhalt der Hautpustel eines erkrankten Rindes, die das Virus enthielt, den Parasiten zu entfernen, indem sie die Flüssigkeit durch ein Bakterienfilter filtrierten. Sie taten es in der Absicht, dadurch ein in der Pustelflüssigkeit von ihnen vermutetes Gift frei vom lebenden Erreger zu gewinnen und zu Immunisie-

rungszwecken zu verwenden. Zu ihrer grössten Ueber- raschung rief aber das Filtrat typische Maul- und Klauen- seuche bei einem geimpften Rinde hervor. Den Gedanken, dass ein lebloses Toxin die Ursache der Erkrankung bei diesem Rind sei, mussten sie fallen lassen, da die Weiter- impfung von jenem ersterkrankten Rind aus in beliebig vielen Generationen wiederum prompt die Erkrankung veranlasste. Ein unbelebtes Gift würde bereits nach wenigen Passagen eine so beträchtliche Verdünnung erfahren haben, dass man an eine geradezu märchenhafte Wirksamkeit des Ausgangs- giftes hätte glauben müssen. Die unbegrenzte, so zu sagen unendlich sich fortsetzende Wirksamkeit des „Giftes“ konnte nur durch ein lebendes reproduktionsfähiges Virus verursacht sein, das offenbar die Fähigkeit besitzen musste, die engsten Filterporen zu passieren. Löffler und Frosch sagten schon damals voraus, dass vielleicht für eine ganze Anzahl bisher ätiologisch nicht geklärter, menschlicher und tierischer Infektionskrankheiten solche filtrierbaren Parasiten als Er- reger in Betracht kommen.

Das hat sich in der Tat erfüllt. Von menschlichen In- fektionskrankheiten, die hierin gehören, sind die Hundswut, das Gelbfieber, die Pocken, das Pappataciefieber, die Poliomye- litis, der Typhus exanthematicus, der Scharlach, das Trachom (?), die Weil'sche Krankheit (?) zu erwähnen; von tierischen In- fektionskrankheiten ausser der Maul- und Klauenseuche und der Hundswut, die Pferdesterbe, die Hühnerpest, die Peripneu- monie des Rindes, die Hühnerpocke, die Schafpocken, die Schweinepest und die Rinderpest (?). Auch eine pflanzliche Infektionskrankheit, die sogenannte Mosaikkrankheit des Tabaks, gehört hierher.

Die Erreger dieser Krankheiten rechnet man also zu den filtrierbaren Virusarten. Man hat auch von ultravisiblem, unsichtbarem Virus gesprochen. Das ist zweifellos nicht berechtigt. Denn einmal giebt es, wie Schaudin betont hat, Parasiten, die in bestimmten Stadien gross d. h. mit den

üblichen Vergrößerungen leicht zu erkennen sind, gleichwohl aber Entwicklungsformen zeigen können, die die Fähigkeit besitzen, Bakterienfilter zu passieren; andererseits existieren filtrierbare Virusarten, die gerade noch sichtbar sind. (Erreger der Peripneumonie des Rindes.) Im allgemeinen sind allerdings diese filtrierbaren Virusarten bisher nicht sichtbar geworden und vermutlich wohl wegen ihrer Kleinheit<sup>1)</sup>. Wenn wir daher eine virushaltige Flüssigkeit in Händen haben, in der wir mit Hilfe der üblichen und sonst erfolgreichen Untersuchungsmethoden einen Parasiten morphologisch nicht identifizieren können, so liegt immer der Verdacht nahe, dass es sich um einen filtrierbaren Erreger handelt. Gemeinsam ist weiter den filtrierbaren Parasiten, dass sie nicht züchtbar sind; eine Ausnahme hiervon bildet wiederum lediglich der Erreger der Peripneumonie des Rindes, den Nocard und Roux dadurch zu Wachstum im künstlichen Nährboden bringen konnten, dass sie beimpfte Bouillon in Kollodiumsäckchen einschlossen und diese Säckchen in die Bauchhöhle des Rindes einführten. Allenfalls glückte noch die Kultur ausserhalb des Tierkörpers, wenn sie Bouillon beimpften, in die mit Hilfe der gleichen Methode Säfte aus dem Rinderorganismus hineindiffundiert waren. Es glückte also die künstliche Kultur doch nur unter sehr starker Anlehnung an die Verhältnisse in vivo.

Jeder Versuch einer systematischen Einordnung und Einteilung dieser filtrierbaren Virusarten ist bisher vergeblich gewesen; es ist das auch durchaus verständlich, da wir morphologisch diese Lebewesen vorläufig nicht charakterisieren können. Ihre auf indirektem Wege erkannten Eigenschaften (Verhalten gegen gewisse physikalische und chemische Einflüsse) gehen aber soweit auseinander, dass sie als Grundlage für eine Einteilung bisher nicht verwertbar sind. Es bleibt also vorläufig nichts anderes übrig, als die Eigen-

---

1) Auf die Befunde von sogen. „Chlamydozoen“ soll hier wegen ihrer schweren Deutbarkeit nicht eingegangen werden.

schaften eines jeden einzelnen Virus möglichst sorgfältig zu studieren; vielleicht werden wir über kurz oder lang dann auch noch zu einer gewissen Gruppierung kommen. Hindernd für diese Untersuchung ist aber der Umstand, dass wir die Erreger der meisten eben genannten menschlichen Infektionskrankheiten nur durch Versuche direkt am Menschen, bestenfalls mit Hilfe kostspieliger Affenexperimente, studieren können. Auch für die Erreger der erwähnten Tierkrankheiten sind zumeist nur grössere Tiere empfänglich. Lediglich der Erreger der Hühnerpocke und der Hühnerpest ist an einem kleinen, wenn auch nicht ganz billigen, Versuchstier erforschbar. Ausserdem kann das Hundswutvirus, für das ja alle Säugetiere empfänglich sind, auch an den kleinen Laboratoriumstieren studiert werden und gehört wohl nicht zuletzt deshalb zu den am besten erforschten Parasiten unter den filtrierbaren Virusarten. Die Meerschweinchenlähme bietet eine willkommene neue Gelegenheit für ein systematisches Studium eines filtrierbaren Parasiten an einem uns vertrauten, billigen und leicht zu haltenden Versuchstier.

### III.

Wegen der Aehnlichkeiten dieser Meerschweinchenlähme mit der Poliomyelitis acuta des Menschen habe ich mein Augenmerk auf die Frage der Beziehungen dieser beiden Virusarten gerichtet. Abgesehen von den schon erwähnten Analogien im klinischen und pathologisch-histologischen Verhalten der beiden Erkrankungen, vermehrten sich die Aehnlichkeiten noch insofern, als der Erreger der Meerschweinchenlähme genau wie das Poliomyelitisvirus sich vorzugsweise im Zentralnervensystem findet, ausserdem genau wie jenes sich in den Lymphdrüsen gern ansiedelt, während er im Blut und in den hauptsächlich bluthaltigen Organen in der Regel nicht vorhanden ist. Ebenso ist beiden die intracerebrale Verimpfung als optimale Infektionsmethode gemeinsam. Gemeinsam ist beiden weiter, wie erwähnt, die Filtrierbarkeit des Erregers.

Der Vergleich weiterer auf indirektem Wege ermittelter Eigenschaften ergibt folgendes:

(In der nachfolgenden Tabelle bedeutet +++ = vollvirulent, ++ = mässig virulent, + = schwach virulent, 0 = avirulent.)

Verhalten gegen:	Poliomyelitisvirus des Menschen	Virus der Meerschweinchenlähme
Niedr. Temperatur.	4 Tage gefroren : +++ 11 Tage gefroren : +++	4 Tage gefroren : +++ 12 Tage gefroren : +++
Hohe Temperatur	1/2 Stunde auf 40° : +++ 1/2 Stunde auf 45° : + 1/2 Stunde auf 50° : 0 1/2 Stunde auf 55° : 0 1/2 Stunde auf 60° : 0	1/2 Stunde auf 40° : +++ 1/2 Stunde auf 45° : +++ 1/2 Stunde auf 50° : +++ 1/2 Stunde auf 55° : ++ 1/2 Stunde auf 60° : 0 1/2 Stunde auf 65° : 0
50% Glycerin	14 Tage : +++ 30 Tage : +++ 91 Tage : +++ 142 Tage : +++	48 Stunden : +++ 10 Tage : +++ 19 Tage : + 31 Tage : ? 45 Tage : ++ 56 Tage : 0
Trocknung	7 Tage : +++ 24 Tage : +++ 28 Tage : +++	4 Tage : 0 9 Tage : 0
Virulenz	für Meerschweine : 0	für Meerschw. : +++

Es sprechen diese Versuche also für recht beachtenswerte Differenzen der beiden Virusarten in ihrem Verhalten gegen höhere Temperaturen, gegen 50%iges Glycerin, gegen Austrocknung und gegenüber dem Meerschwein. Sie sprechen aber nicht unbedingt gegen das Bestehen gewisser phylo-

genetischer Beziehungen der beiden Virusarten. Es könnte durch Anpassung an die verschiedenen Tierkörper eine Modifikation der verwandten Arten eingetreten sein. Wir brauchen nur an die gründliche biologische Umstimmung zu denken, die das Hundswut-Originalvirus (Strassenvirus) bei seiner fortgesetzten Passage durch den Kaninchenkörper erfährt. Es wird hierdurch zu dem für den Menschen bei subkutaner Einspritzung völlig unschädlichen und deshalb als Schutzimpfstoff verwertbaren sogen. Virus fixe.

Eine Methode, die mit grosser Sicherheit die Frage des Bestehens oder Nichtbestehens phylogenetischer Beziehungen von ähnlichen Parasiten beantwortet, besteht in der Verwertung spezifischer Antikörper zur Differenzierung. Das Blutserum von Menschen oder von Affen, die die Poliomyelitis acuta überstanden haben, vermag bei Mischung mit dem Poliomyelitisvirus in vitro diesem seine Infektiosität zu nehmen. Von dieser Eigenschaft des Antipoliomyelitissiums haben Professor Müller und ich in gemeinsamen Untersuchungen erfolgreichen Gebrauch zur diagnostischen Aufklärung klinisch zweifelhafter Fälle gemacht. In der nachfolgenden Versuchsreihe habe ich nun zu entscheiden versucht, ob die Poliomyelitis-Antikörper bei entsprechender Versuchsordnung auch das Virus der Meerschweinchenlähme unschädlich zu machen vermögen. Das Resultat dieser Versuchsreihe enthält die nachfolgende Tabelle:

Meerschw. Nr.	1	Lähmevirus + phys. Kochsalzl.	= gelähmt am 14.VI.
"	2	" + 0,4% Karbolsäure	= gel. am 14.VI.
"	3	" + Normal-Menschen Serum	= gel. am 15.VI.
"	4	" + Normal-Affenserum	= gel. am 14.VI.
"	5	" + Pm-Serum Affe 6	= gel. am 16.VI.
"	6	" + Pm-Serum Affe 58	= gel. am 15.VI.
"	7	" + Pm-Serum Affe 51	= gel. am 16.VI.
"	8	" + Pm-Serum Affe 46	= gel. am 16.VI.
"	9	" Pm-Serum Mensch Br.	= gel. am 16.VI.
"	10	" Pm-Serum Mensch H.	= gel. am 14.VI.
"	11	" Pm-Serum Mensch N.	= gel. am 16.VI.

Es sind also sämtliche Meerschweine der vorstehenden Versuchsreihe erkrankt und zwar alle fast gleichmässig genau an demselben Tage. Es vermag also das Antipoliomyelitisserum nicht den Erreger der Meerschweinschenlähme zu neutralisieren unter Bedingungen, unter denen es das Poliomyelitisvirus prompt unschädlich macht. Es ist somit der Erreger der Meerschweinchenlähme wahrscheinlich ein besonderes Virus, das keinerlei nachweisbare phylogenetische Beziehungen mit dem Erreger der Poliomyelitis des Menschen aufweist trotz mancher Aehnlichkeiten im klinischen und pathologisch-histologischen Verhalten der entsprechenden Erkrankungen.

Endlich möchte ich auf eine bisher nicht sehr beachtete Eigentümlichkeit dieser durch filtrierbares Virus bedingten Krankheiten hinweisen. Sie erzeugen fast ausnahmslos eine sehr kräftige, sehr langdauernde gewöhnlich für das ganze Leben des befallenen Individuums andauernde Immunität. Es gilt das für die Pocken, für das Gelbfieber, für den Typhus exanthematicus, für die Poliomyelitis, für den Scharlach und wahrscheinlich noch andere. Es ist wohl kein Zufall, wenn gerade bei den Pocken und bei der Hundswut, also Krankheiten bedingt durch filtrierbares Virus, zuerst eine wirksame Schutzimpfung verwirklicht worden ist und diese bisher die einzigen wirklich zuverlässigen Vaccinationen beim Menschen geblieben sind. Auch die Immunität bei den erwähnten Tierkrankheiten, wie Hühnerpocke, Hühnerpest, Schafpocken, Pferdesterbe, Schweinepest, Rinderpest, ist in der Regel eine lebenslängliche (über die Maul und Klauen-seuche gehen die Meinungen etwas auseinander). Im Gegensatz dazu ist die nach bakteriellen Infektionskrankheiten zurückbleibende Immunität in der Regel eine zeitlich recht begrenzte und da wo sie länger andauert, liegen die Verhältnisse in der Regel so, dass der betreffende Organismus entsprechende Zeit vom Virus befallen bleibt (Tuberkulose, Typhus). Man ist versucht, auf Grund dieser Erwägungen schon a priori anzunehmen, dass der Erreger der in der

Regel eine Immunität auf Lebenszeit zurücklassenden Masern ebenfalls ein filtrierbares Virus sein muss. Ja man wäre fast zu der Schlussfolgerung versucht, dass die jetzt ziemlich allgemein angenommene bakterielle Aetiologie des Keuchhustens (Keuchhustenbazillus Bordet's) nicht zu Recht besteht wegen der soliden und lebenslänglichen Immunität, die der Keuchhusten zurücklässt.

Zum Schluss noch folgende Ueberlegung. Es liegt die Erwägung sehr nahe, ob nicht entsprechend diesen filtrierbaren krankmachenden Organismen auch filtrierbare Saprophyten existieren. Wissen wir doch, dass den krankmachenden Bakterien viel reichlichere saprophytische Stammesgenossen entsprechen. Das gleiche gilt für die tierischen Parasiten. Es ist daher höchst wahrscheinlich, dass auch die filtrierbaren Virusarten saprophytische Analoga besitzen. Wir sind aber nicht in der Lage, ihre Existenz zu beweisen. Denken wir uns ein organismenreiches Material filtriert, in dem solche filtrierbaren Saprophyten vorhanden seien, so können wir in dem Filtrat ihre Existenz nicht beweisen. Sie sind ja nicht sichtbar und nicht züchtbar, und die bisher einzige Methode zu ihrem Nachweis — der Tierversuch — versagt beim Saprophyten. Wir befinden uns also hier einem höchstwahrscheinlich vorhandenen, aber noch unerkannten und vorläufig noch unerkennbaren Reich von Kleinlebewesen gegenüber. Wir sind — wenn der Vergleich erlaubt ist — in ähnlicher Lage wie der Chemiker, der auf Grund theoretischer Konstruktion und praktischer Erfahrungen die Existenz gewisser Körper mit grosser Bestimmtheit behaupten kann, aber nicht in der Lage ist, sie mit Sicherheit zu beweisen, da ihm Methoden mangeln, um sie darzustellen.

---

In der der wissenschaftlichen Sitzung folgenden Wahl-sitzung wurde Herr Geheimrat Mannkopff zum Ehrenmitglied der Gesellschaft gewählt.

---

**Aufgelegte Schriften:**

- Berichte d. naturwissensch. Vereins zu Regensburg. XII. Heft f. d. Jahre 1907—1909. Regensburg 1910.
- Sitzungsberichte d. physikal. medicin. Gesellschaft zu Würzburg 1909, Nr. 1—5. Würzburg 1910.
- Jahresberichte der Gesellschaft f. Natur- und Heilkunde in Dresden. Sitzungsperiode 1909/10. München 1910.
- „Flora.“ Kgl. Sächs. Gesellsch. f. Botanik u. Gartenbau zu Dresden. Sitzungsberichte u. Abhandlungen. 14. Jahrg., N. F. Dresden 1910.
- Verhandlungen d. naturforschenden Gesellschaft in Basel. Band XXI. Basel 1910.
- Jahresbericht d. naturforschenden Gesellschaft Graubünden. N. F., 52. Band, 1909/10. Chur 1910.
- Mitteilungen d. naturwiss. Vereins f. Steiermark. Band 46, Heft 1 u. 2. Graz 1910.
- Verhandlungen d. k. k. geolog. Reichsanstalt f. 1910. Nr. 2—8. Wien 1910.
- Leopoldina, aml. Organ d. k. deutschen Akademie d. Naturforscher. Heft 46, Nr. 8—10. Halle 1910.
- Rendiconto dell' Academia d. Science fisiche e matematiche. Serie III, 16. fasc. 1—6. Napoli 1910.
- Atti d. reale Academia dei Lincei. Vol. 19., Fasc. 2—7. Rom. 1910.
- Bolletino laboratorio di Zoologia. Vol. 4. Portici 1910.
- Sitzungsber. medicin. Section des Erdeleger Museum-Vereins. Band XXXII, 1—7. Koloszwär 1910. (Hermannstadt.)
- Naturwiss. Museumshefte d. Siebenburg. Museumsvereins. Bd. I, 1, 2. II, 1, 2. IV, 1, 2. Hermannstadt. 1906, 1907, 1909.
- Bulletin de l'Academie impériale de science à Petersbourg. 1910, 12—14. Petersbourg 1910.
- Arbeiten d. Museums Peters des Grossen. Band III, 2—4. Petersburg 1910.
- Schriften der kiewschen naturforsch. Gesellschaft. Band 21, 2. Kiew 1910.
- Bulletin de la Société impériale de naturalistes. Moscou. Neue Serie. Band 23. Moskau 1910.
- Memoirs Proceedings. Manchester Litterary and Philos. Soc. Vol. 54. Part. III. Manchester 1910.
- Jaarbook Koninkl. Akad. van Wetenschappen Amsterdam für 1909. Amsterdam 1910.
- Koninkl. Akademie van Wetenschappen d. Amsterdam. Deel 18, 1. u. 2. Teil. Amsterdam 1910.
- Verhandel. koninkl. Akademie van Wetensch. Amsterdam. Deel 15, 2. Deel 16, 1—3. Amsterdam 1910.

# Sitzungsberichte

der

## Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

### MARBURG

---

---

*Nr.* 4

Dezember

1911

---

---

In der Sitzung vom 13. Dezember 1911 sprach Herr Berlin:

### Ueber zwei neue Apparate für den Laboratoriumsgebrauch.

Zunächst

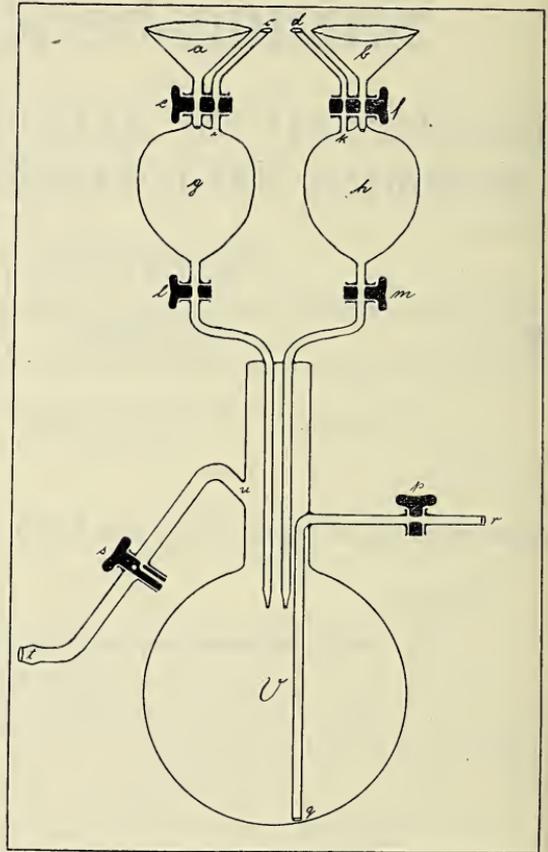
#### **ein neuer Salzsäureentwicklungsapparat.**

Während man in der Laboratoriumspraxis gewöhnlich gasförmige Salzsäure durch Einwirkung konzentrierter Schwefelsäure auf ein Chlorid darstellt — sei es nun, dass man die Säure mittels eines Tropftrichters auf Kochsalz tropfen oder in einem Kippschen Apparat auf Salmiakbrocken einwirken lässt — benutzt dieser neue Entwicklungsapparat nur Flüssigkeiten zur Darstellung des Salzsäuregases, nämlich konzentrierte Salz- und Schwefelsäure, eventuell letztere mit Anhydridzusatz.

Der Apparat besteht aus einem grösseren Rundkolben *V*, in dessen Hals von oben her zwei Tropftrichter *g* und *h* münden. Von diesen Tropftrichtern ist der eine mit konzentrierter Salzsäure, der andere mit konzentrierter Schwefelsäure beschickt, öffnet man die Hähne *l* und *m* bei Luftzutritt durch die Hähne *e* und *f*, so mischen sich die Säuren in dem Kolben *V*, die Schwefelsäure entzieht der Salzsäure das Wasser, sodass die letztere gasförmig ausgetrieben wird.

Bei der Entwicklung ist Hahn *p* geschlossen zu halten, während der Schwanzhahn *s* derartig gestellt wird, dass seine Querdurchbohrung das Rohr *u* mit dem nach den Waschflaschen führenden Teile *t* verbindet.

Ist der Kolben *V* schliesslich mit Flüssigkeit gefüllt, so ist die Entleerung höchst einfach. Die Hähne *l* und *m* werden geschlossen, Hahn *p* geöffnet und der



Hahn *s* so gestellt, dass durch seine Schwanzbohrung das Innere des Kolben *V* mit der Aussenluft in Verbindung steht. Ein Ansaugen bei *r* bei vorgelegter Saugflasche z. B. durch Wasserstrahlpumpe entleert dann den Kolben durch das Rohr *q* sehr bequem und schnell. Die abgesaugte Säure kann nach geringem Anhydridzusatz wieder oben in den Schwefelsäuretrichter gefüllt werden.

An den Tropftrichtern befinden sich oben doppelt durchbohrte Hähne, die einerseits bei nicht in Tätigkeit befindlichem Apparat die konzentrierten Säuren von der Aussenluft abschliessen, andererseits durch den aufgesetzten Einfülltrichter

ein bequemes Nachfüllen gestatten, da die Luft durch den Ansatz *c(d)* aus der Kugel des Tropftrichters entweichen kann; gleichzeitig verhindern die bis an den Trichterrand emporgeführten Ansätze, dass bei gefüllten Tropftrichtern etwa noch in den Trichtern *a* und *b* befindliche Säure durch die zweite Bohrung der Hähne *e* und *f* auslaufen kann.

Der ganze Apparat befindet sich an einem passenden Stativ, der Kolben *V* ausserdem in einem Sandbad, wodurch die Möglichkeit gegeben ist durch Erwärmen die Mischung und Umsetzung der beiden Säuren zu vervollkommenen.

Die grossen Vorzüge des Apparates sind: die weitgehende, genaue und bequeme Regulierung des Gasstromes einmal durch schnelleres oder langsames Zufließenlassen der beiden Säuren, das andere Mal durch schwächeres oder stärkeres Erhitzen. Hierdurch wird die gute Ausnutzung des Ausgangsmaterials gewährleistet im Gegensatz zur Darstellung des Chlorwasserstoffs aus festen Chloriden mittels Schwefelsäure, wobei ein grosser Teil des Chlorids nicht ausgenutzt wird, da es durch sich bildende Sulfatkrusten vor weiterer Berührung mit der Schwefelsäure geschützt wird, wodurch wiederum eine sehr ungleichmässige Entwicklung des Gases hervorgerufen wird.

Die entstehenden Sulfatkrusten machen weiterhin die Neubeschickung der alten Apparate sehr umständlich, manchmal sogar nicht ungefährlich, wenn sie noch unverbrauchte Säure und Chlorid enthalten. Dagegen erfordert die Entleerung dieses neuen Apparates, bei dem das zurückbleibende Umsatzprodukt wieder eine Flüssigkeit nämlich verdünnte Schwefelsäure ist, das Umlegen weniger Hähne und ein kurzes Ansaugen, um den Apparat von neuem in Tätigkeit zu setzen. Davon abgesehen liefert der Apparat bei nicht grösseren Aussenmassen wie die bisher gebrauchten eine Gasmenge in Bezug auch auf Stärke und Dauer der Entwicklung, die bei weitem die Leistungen der anderen Apparate übertrifft.

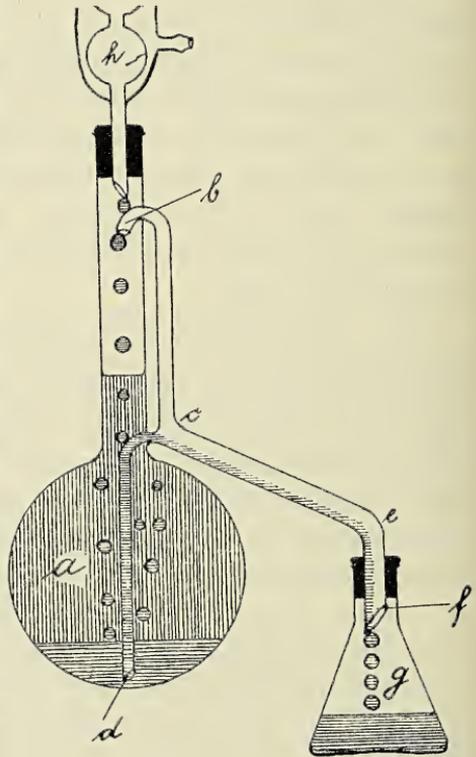
Der Apparat ist als Gebrauchsmuster geschützt und wird von der Firma Otto E. Kobe, Marburg a. L. vertrieben.

Zweitens:

**Ein kontinuierlicher Extraktionsapparat.**

Dieser Apparat soll einem fühlbaren Mangel abhelfen. Wir haben wohl Einrichtungen, in denen wir eine schwerere Flüssigkeit durch eine leichte kontinuierlich extrahieren können — also z. B. eine wässrige Flüssigkeit durch Äther — aber umgekehrt für die fortdauernde Extraktion einer leichteren Flüssigkeit durch eine schwerere stehen uns überhaupt keine oder doch nur solche Apparate zur Verfügung die entweder in ihrem Aufbau sehr kompliziert und zerbrechlich sind oder in ihren Massen nur in solchen Grenzen gehalten werden können, dass sie für etwas grössere Flüssigkeitsmengen nicht in Betracht kommen. Anders dieser neue Apparat, wie aus der bestehenden Konstruktionszeichnung leicht zu ersehen ist.

Der grosse Kolben *a* stellt den eigentlichen Extraktor vor, er wird in seiner Grösse je nach der Menge des vorliegenden Extraktionsgutes gewählt. Dicht vom



Boden aus führt ein Rohr *dc* durch den Halsgrund in das nach dem mit Extraktionsmittel beschickten Kölbchen *g* abwärts führende Rohr *cef*. Dieses Rohr endet andererseits im oberen Kolbenhals bei *b*.

Um den Apparat in Betrieb zu setzen füllt man z. B. zunächst in den Extraktor *a* soviel Chloroform, dass die Oeffnung des Rohres *dc* durch dasselbe verschlossen ist, dann wird die zu extrahierende Flüssigkeit aufgefüllt und zwar soviel, dass durch ihren Druck das Chloroform in dem Rohr *dc* bis *c* emporgehoben wird. Hält man nun das ebenfalls mit Chloroform beschickte Kölbchen *g* im Sieden, so steigen die Chloroformdämpfe im Rohr *fecb* in die Höhe, verdichten sich dann in dem aufgesetzten Kühler *h* und tropfen von dort durch die zu extrahierende Flüssigkeit hindurch, sammeln sich auf dem Boden des Gefässes *a* und gleichzeitig wird durch das konstante Gewicht der über dem Chloroform stehenden Flüssigkeit die gleiche Menge Chloroform, wie von oben hinzutropft, durch Rohr *dc* nach Rohr *cef* und weiter nach dem Kölbchen *g* gedrückt und das Spiel wiederholt sich von neuem.

Der Apparat arbeitet selbsttätig ohne Pause, ist sehr widerstandsfähig und lässt sich selbst bei grossen Mengen Extraktionsgutes verwenden. Ein weiterer Vorzug ist die geringe Menge Extraktionsmittel, die gebraucht wird selbst bei ganz grossem Extraktor, nämlich nur die Menge in dem kleinen Extraktionskölbchen und die zum Verschluss nötige Menge am Boden des Extraktors. Zur Gewinnung des extrahierten Körpers ist schliesslich nur noch das Verjagen einer relativ kleinen Menge Lösungsmittel nötig.

Der Apparat ist zum Patent angemeldet.

---

Sodann berichtete Herr W. Bieber über:

**Weitere Untersuchungen über die Kondensation des Wasserdampfes. Wirkung des Sonnenlichtes auf die Atmosphäre. Die blaue Farbe des Himmels in ursächlichem Zusammenhang mit dieser Wirkung.**

I.

In früheren Untersuchungen<sup>1)</sup> habe ich gezeigt, dass der in sauerstoffhaltigen, mit Wasserdampf gesättigten Gasen beim Belichten mit ultraviolettem Licht auftretende blaue Nebel auf der Bildung von Wasserstoffsperoxyd beruht. Auf drei verschiedenen Wegen war ich zu diesem Resultate gelangt.

Wenn Wasserstoffsperoxyd der Träger dieses blauen Nebels ist, muss:

1. auch in reinem, mit Wasserdampf gesättigtem Sauerstoff beim Belichten mit ultraviolettem Licht diese Kondensation eintreten. — Es war in der Tat der Fall. Bei der Darstellung des Sauerstoffs (nach drei verschiedenen Methoden) war besonders darauf geachtet worden, dass eine Verunreinigung durch Stickstoff auf jeden Fall vermieden wurde, da von anderer Seite, wie ich bereits früher<sup>1)</sup> erwähnt habe, ein vorläufig „Y“ genanntes Stickstoffoxyd für die Ursache dieser Kondensation gehalten wurde, ein Oxyd, welches bisher in seinem Verhalten nur spektralanalytisch genauer untersucht und definiert werden konnte. Aber gerade die Annahme eines Stickoxyds widerspricht den Anforderungen, die nach meinen Versuchen an den Träger des blauen Nebels zu stellen sind.

2. muss beim Belichten vollkommen trockenen Sauerstoffs und bei einer nach entsprechender Zeit erfolgenden nach-

---

1) W. Bieber, Diss. Marburg, 29. April 1911.

träglichen Sättigung mit Wasserdampf eine Kondensation ausbleiben, während einer Bildung von Stickstoffoxyden die Trockenheit des Gases nur förderlich sein könnte. Sie blieb aber aus.

3. muss die Gegenwart von  $\text{H}_2\text{O}_2$  in den Nebeltröpfchen durch Reaktionen nachzuweisen sein. Zwei Reaktionen sprachen für die Anwesenheit von  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; das Ausbleiben der Titanschwefelsäurereaktion liess sich begründen. So viel von meinen früheren Versuchen, welche die bisher noch unentschiedene Streitfrage bezüglich des blauen Nebels zu gunsten von  $\text{H}_2\text{O}_2$  entschieden.

Nach den bisher vorliegenden Untersuchungen kommen zwei Bildungsarten von  $\text{H}_2\text{O}_2$  vor. Einmal die als Wasserzersetzung, wenn ultraviolettes Licht auf Wasser vor allem im flüssigen Aggregatzustand einwirkt.<sup>1)</sup> Dann Wasserstoffsuperoxyd aufgefasst als Reduktionsprodukt des zweiatomigen Sauerstoffs, eine Bildungsweise, die sich auch bei der Synthese des  $\text{H}_2\text{O}_2$  aus seinen Komponenten unter dem Einfluss stiller Entladung findet, wobei wahrscheinlich wird, dass die Verbrennung von Wasserstoff zu Wasser über  $\text{H}_2\text{O}_2$  stattfindet. So wenigstens die Ansicht von Franz Fischer und M. Wolf,<sup>2)</sup> welche diese Synthese von  $\text{H}_2\text{O}_2$  genauer verfolgt haben.

Bei der Bildung des blauen Nebels könnte, da kein  $\text{H}_2$  zugegen ist, nur die erste dieser beiden Möglichkeiten in Betracht kommen. In diesem Falle wäre es jedoch nicht zu erklären, weshalb gerade dem Sauerstoff bei dessen Bildung eine so wichtige Rolle zufällt. In reinem Wasserdampf und in anderen reinen Gasen (die mit Wasserdampf gesättigt sind) bildet sich nämlich der blaue Nebel nicht aus.<sup>3)</sup>

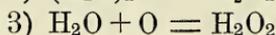
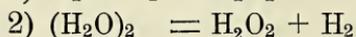
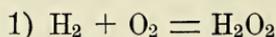
---

1) Kernbaum, C. r. 148 pag. 705, 1909 und C. r. 149 pag. 116 u. 273 1909. Thiele, Ber. d. D. Chem. Ges. 40 pag. 4914, 1907.

2) F. Fischer und M. Wolf, Chem. Ber. 44, pag. 2956, 1911.

3) W. Bieber, l. c. pag. 36.

Auch folgende Versuche sprechen dagegen, dass der blaue Nebel seine Entstehung einer Wasserzersetzung allein verdankt. Mit Wasserdampf gesättigter Sauerstoff wurde mit der Quecksilberlampe belichtet und durch eine auf  $-79$  gekühlte Röhre geleitet. Nach genügender Dauer des Versuches zeigte das Kondensationsprodukt  $H_2O_2$ -Reaktionen. Unter im übrigen gleichen Bedingungen wurden solche Versuche auch mit Stickstoff und Wasserstoff angestellt. Die Reaktionen blieben in diesen Fällen bei gleicher Belichtungsdauer aus. Mithin entstand das  $H_2O_2$  nicht allein aus dem Wasserdampf. Es liegt demnach bei der Bildung des blauen Nebels (resp. von  $H_2O_2$  in diesem Falle) eine direkte Oxydation des Wasserdampfes vor. Stellen wir folgende drei Gleichungen zusammen:



so bedeutet 1) die direkte Synthese aus den Komponenten, 2) die Bildung im ultravioletten Licht bei dessen Einwirkung auf Wasser, flüssig,<sup>1)</sup> 3) bei dessen Wirkung auf Wasser, dampfförmig und in Gegenwart von Sauerstoff.

Zur Untersuchung auf  $H_2O_2$  benutzte ich folgende drei Reaktionen:

1. Die bekannte Jodkaliumstärkelösung, die auf Zusatz von wenig  $FeSO_4$ -Lösung Blaufärbung gibt, wenn  $H_2O_2$  vorliegt.

2. Eine Mischung einer Lösung von rotem Blutlaugensalz und einer solchen von Eisenchlorid. Die vorher rotbraune Lösung färbt sich in Gegenwart von  $H_2O_2$  grün resp. blau, je nach der Konzentration der  $H_2O_2$ -Lösung. Die — am besten mit Salzsäure — schwach angesäuerte Lösung behält

---

1) Die Einwirkung kurzweiliger Strahlen auf Wasserdampf allein wurde bisher bezüglich der Bildung von  $H_2O_2$  nicht näher untersucht. Vielleicht ist die evtl. gebildete Menge hier kleiner entsprechend der geringeren Polymerisation.

ihre Färbung bei. Andere Reduktionsmittel geben auch mit der angesäuerten Lösung die Reaktion.

3. Titanschwefelsäure, d. i. eine mit Wasser verdünnte Lösung von Titandioxyd in konz. Schwefelsäure. Diese Lösung färbt sich mit Spuren von  $\text{H}_2\text{O}_2$  blassgelb; die Färbung ist jedoch dann nur in grosser Flüssigkeitsschicht erkennbar. — Das gleichzeitige Auftreten dieser drei Reaktionen und ihr Ausbleiben, wenn die für  $\text{H}_2\text{O}_2$  charakteristischen Zusätze fehlen, wie bei 1., resp. vorhanden sind, wie bei 2., lässt eindeutig die Anwesenheit von Wasserstoffsuperoxyd erkennen.

Meine Kondensationsversuche wurden sämtlich mit der „Entspannungsmethode“ ausgeführt, da nur diese zur Beobachtung der spontanen Nebel in Betracht kommen konnte. Auf Veranlassung von Herrn Prof. Richarz ist Herr Leibfried bereits mit Untersuchungen beschäftigt, die zeigen sollen, ob auch die „Dampfstrahlmethode“ sich so ausbilden lässt, dass man die Uebersättigung in dem Dampfstrahl praktisch nicht nur genau bestimmen, sondern auch nach Belieben variieren kann.

Eine Beobachtung, die ich bei meinen Versuchen machte, möchte ich hier noch kurz erwähnen. Als Quellen für ultraviolettes Licht standen mir zwei Quecksilberlampen zur Verfügung. Eine solche mit doppelt gewundenen und eine mit einfachem Quarz-Quecksilberbogen. Beide Lampen wurden gespeist mit einem Strom von ca. 4 Ampère bei 80 Volt. Beim Gebrauch bemerkte ich, dass die Lampe mit grossem Bogen, der mit kleinem Bogen in ihrer Wirkung nachstand. Ursache muss die bedeutend grössere Wärmeentwicklung des grossen Bogens gewesen sein, dessen Windungen dicht nebeneinander lagen. Die Wirkung der einfachen Lampe wurde noch besser, wenn, nachdem die Lampe einmal in Betrieb gesetzt war, die Stromintensität allmählich auf  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Ampère herabgedrückt wurde. Es ist bekannt, dass geschmolzener Quarz (Quarzglas) bedeutend mehr ultraviolette

Strahlung absorbiert als kristallisierter. Der Unterschied liegt hier in der Struktur; es scheint aber auch nach dem oben gesagten die Durchlässigkeit, wenigstens des Quarzglas, von der jeweiligen Temperatur abhängig zu sein, ein Zusammenhang, der noch genauer zu untersuchen wäre.

## II.

Auf die meteorologische Bedeutung der Wirkung des Lichtes auf die Kondensation des Wasserdampfes habe ich bereits früher hingewiesen. Hier seien noch die modifizierten und erweiterten Anschauungen, wie ich sie durch meine neueren Versuche und Ueberlegungen gewonnen habe, weiter ausgeführt.

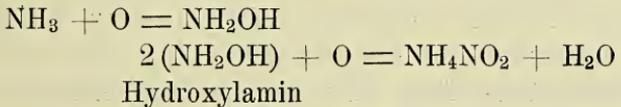
Wenn man atmosphärische Luft durch Glaswolle oder Wattefilter leitet, entfernt man nicht nur suspendierte feste Teilchen, sondern auch hygroskopische Substanzen.<sup>1)</sup> So lassen sich z. B. die Tröpfchen des blauen Nebels in solchen Glaswolle-Filtern zurückhalten, auch dann, wenn sie bei geringem Feuchtigkeitsgehalt im durchgehenden Bogenlicht nicht direkt sichtbar sind. Hieraus ist zu schliessen, dass auch dann hygroskopische Substanzen Tröpfchen bilden, wenn sie in einem mit Wasserdampf nicht gesättigten Gase schweben; denn es ist nicht möglich, dass sie in Dampfform im Filter zurückbleiben. Auch in der atmosphärischen Luft sind solche Kerne zahlreich vorhanden; hier sind nämlich häufig dichte Nebel schon dann zu beobachten, wenn die relative Feuchtigkeit etwa erst 90 % beträgt, während bei der Kondensation an festen, nicht hygroskopischen Teilchen mindestens Sättigung vorhanden sein muss.<sup>2)</sup> Ausser den Kondensationskernen, die von der Erde aus vor allem in die unteren Schichten

1) W. Bieber, l. c. pag. 24.

2) ebenda, pag. 43.

der Atmosphäre gelangen, bilden sich in den höheren Schichten der Troposphäre,<sup>1)</sup> d. h. in dem Teil der Atmosphäre, in welchem Kondensation überhaupt möglich ist, Kerne unter dem Einfluss des ultravioletten Sonnenlichtes. Dieser Wirkung muss z. B. das in den atmosphärischen Niederschlägen nachgewiesene  $H_2O_2$  grössten Teils seinen Ursprung verdanken.<sup>2)</sup>

Weitere Bestandteile der Atmosphäre sind Ammoniak, Ammonium-Nitrit und Nitrat. — Schon lange ist bekannt,<sup>3)</sup> dass Ammoniak unter dem Einfluss von Induktionsfunken, hoher Temperatur und stiller elektrischer Entladung in Gegenwart von Sauerstoff zu Ammoniumnitrit bzw. — besonders bei Induktionsfunken — zu Ammoniumnitrat oxydiert werden kann. Von Berthelot und Gaudechon<sup>4)</sup> ist diese Reaktion auch im ultravioletten Licht festgestellt worden. Demnach wird auch in der Troposphäre unter der Wirkung kurzweiliger Strahlen das stets vorhandene Ammoniak oxydiert werden. Damit wären aber wesentliche Kondensationskerne als Produkte dieser Wirkung des Sonnenlichtes auf die Atmosphäre bezüglich ihres Ursprunges und ihres steten Vorkommens erklärt. Den Oxydationsvorgang selbst wird man sich wohl folgendermassen zu denken haben



### III.

Der Wasserstoffgehalt der Atmosphäre nimmt bekanntlich mit der Höhe zu<sup>1)</sup> und wir werden in der Stratosphäre

1) A. Wegener, Physik. Zeitschr. 12, pag. 170ff. 1911.

2) W. Bieber, l. c. pag. 43 und A. Wegener. Thermodynamik der Atmosphäre, pag. 242, Lpzg, 1911.

3) L. Carius, Liebigs Ann. 174, pag. 31, 1874.

4) D. Berthelot und Gaudechon, C. r. 152, pag. 522, 1911.

Schichten haben, in denen Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff in Mengen derselben Grössenordnung nebeneinander vorkommen. Nun kann sich Ammoniak aus seinen Komponenten bilden unter dem Einfluss besonders der stillen elektrischen Entladung<sup>1)</sup> (aber auch von Induktionsfunken und hoher Temperatur). Aus sonstigen Analogiefällen in der chemischen Wirkung der stillen Entladung und des ultravioletten Lichtes ist anzunehmen, dass auch unter dem Einfluss kurzweiliger Strahlung Ammoniak aus seinen Komponenten sich bilden kann. Eigene Versuche hierüber lassen noch keinen sicheren Schluss zu. Wahrscheinlich werden Menge der gesuchten Substanz und ihre hier in Betracht kommende Wirkung in demselben Verhältnis stehen, wie es bei dem blauen Nebel der Fall war. Auch in letzterem war ja der Nachweis von  $H_2O_2$  in den Nebeltröpfchen äusserst schwierig und doch die Kondensations- resp. Licht-Wirkung eine so intensive. Ist jedoch diese Wirkung der kurzweiligen Strahlen vorhanden, dann ist in gewissen Schichten der Stratosphäre alles zur Bildung von Ammoniak gegeben. Da aber dann auch die oben auseinandergesetzte Oxydation eintreten muss, so wird auch in der Stratosphäre eine Bildung von Ammoniumnitrit eintreten, lediglich unter der Wirkung des Sonnenlichtes auf die genannten drei Gase. Sind nun aber solche feine, feste oder flüssige Partikelchen in hohen Schichten der Atmosphäre stets und in grosser Menge vorhanden, dann bedarf es keiner Erklärung der blauen Himmelfarbe durch Lichtzerstreuung an den Gasmolekülen,<sup>2)</sup> sondern jene Teilchen werden — klein gegen die Wellenlänge der weniger brechbaren Strahlen — die brechbareren stärker zerstreuen als die übrigen, sodass eine blaue Farbe resultiert. Schwankungen in der Nuance wären dann hauptsächlich durch

---

1) Hollemann, Anorgan. Chemie, pag. 158. 7. Aufl. 1909.

2) Nach Rayleigh's Ansicht, siehe A. Wegener, Thermodynamik der Atmosphäre, pag. 249ff., Lpzg. 1911.

die verschiedene Trübung der unteren Schichten zu erklären. Galissot<sup>1)</sup> kam kürzlich auf Grund seiner photometrischen Messungen auf dem Observatorium zu Lyon zu dem Ergebnis, dass nicht die Luftmoleküle, sondern bedeutend grössere Teilchen hier in Betracht zu ziehen seien. Diese Tatsache steht mit der Rayleigh'schen Erklärung der blauen Himmelsfarbe nicht in Einklang, insofern diese die Moleküle als Ursache ansieht. Die Lücke vermag obige Theorie auszufüllen, indem sie zugleich die Herkunft der lichtzerstreuenden Teilchen erklärt. Dass die Zahl jener Partikelchen nicht dauernd zunimmt und schliesslich zu einem ewigen Dunkel führt, ist durch des Eintreten eines Gleichgewichtszustandes verhindert, der sowohl in der Bildung von Ammoniak,<sup>2)</sup> wie in der von Ammoniumnitrit<sup>3)</sup> sich einstellt und bereits durch entsprechende Versuche nachgewiesen wurde.

Die experimentellen Belege für obige Anschauungen, soweit sie in der Atmosphäre selbst auszuführen sind, wurden bereits in Angriff genommen und bringen hoffentlich bald mit der gütigen Unterstützung des Hessischen Vereins für Luftschiffahrt neue Resultate.

---

Zu dem Vortrag von Herrn W. Bieber bemerkte Herr F. Richarz:

Durch die älteren Arbeiten des physikalischen Instituts über die Kondensation des Wasserdampfes war zwar die dichte weisse Nebelbildung für bestimmte Fälle mit Sicherheit auf Stickstoffoxyde zurückgeführt. Dass aber nach meiner Ansicht noch nicht alles aufgeklärt war in Bezug auf das Auftreten insbesondere des blauen Nebels, habe ich in meinen

---

1) Ch. Galissot, C. r. 8, 569, 1911.

2) Hollemann, Anorgan. Chemie, pag. 158, 7. Aufl. 1909.

3) Siehe pag. 83, Anm. 4.

Bemerkungen (diese Sitz.-Ber., 13. Mai 1908, pag. 81/82) bereits hervorgehoben. Herr K. Stuchtey hat dann in der Sitzung vom 4. Aug. 1910, Sitz.-Ber., pag. 78, zuerst über die Fortsetzung der Untersuchungen der Herren Barkow und Pringal durch Herrn Bieber berichtet und ebenfalls am Schlusse wieder auf die bevorstehende weitere Fortsetzung der Untersuchungen hingewiesen. Auch in seiner Dissertation vom 29. April 1911 hat Herr Bieber, nach dem prinzipiellen Nachweis der Bedeutung von Wasserstoffsperoxyd für die Entstehung des blauen Nebels, selbst auf die sich noch weiter ergebenden Fragen hingewiesen, über deren Erledigung uns Herr Bieber soeben vorgetragen hat. Soweit nicht die Fragestellung und die Schlussfolgerungen schon damals von Herrn Bieber publiziert worden sind, hat er dieselben bereits im Laufe des vorigen Sommers mit mir besprochen und in Angriff genommen. Im übrigen war es von vorneherein für Jeden klar, dass nach der Reihe der Publikationen von R. v. Helmholtz und mir, von unserem verstorbenen ordentlichen Mitgliede Johannes Kiessling, von Barkow, Pringal, Stuchtey und den neuesten Untersuchungen von Herrn Bieber, die noch nicht erledigten Punkte hier im Institut von uns selbst in Angriff genommen worden seien. So arbeitet ausser Herrn W. Bieber auch jetzt noch Herr K. Leibfried über diese Fragen weiter.

---

In der der wissenschaftlichen Sitzung folgenden Wahlsitzung wurde Herr Hauptmann Kaufmann zum ausserordentlichen Mitgliede gewählt.

---

In den verschiedenen Sitzungen wurden noch folgende in den vorliegenden Sitzungsberichten nicht zum Abdruck gebrachte Vorträge gehalten.

Am 28. Juni sprach Herr Rubbel als Gast:

**Ueber Perlen und Perlenbildung in Süßwassermuscheln.**

Am 12. Juli hielt Herr Gürber folgende Vorträge:

- a) **Warum gerinnt gekochte Milch nicht durch Lab.**
- b) **Vacuolenbildung in roten Blutkörpern durch Extrakte aus Blutkörpern oder aus andern Zellen.**
- c) **Endocelluläre Hämoglobinkristallisation.**

Am 8. November hielt Herr Krümmel den Vortrag:

**Die Ergebnisse der internationalen Meeresforschung.**

Ausserdem fand am 1. März 1911 eine gemeinsame Sitzung mit dem Kurhessischen Verein für Luftschiffahrt statt. In derselben sprach Herr Stuchtey:

**Ueber die Hochfahrt des Ballons „Marburg“ am 12. Dez. 1910 und Messungen mit dem Albedometer; Herr Wegener: Ueber Wolkenbildung.**

---

In der Wahlsitzung vom 1. März 1911 wurde Herr Dr. F. Herrmann, Assistent am geologischen Institut, zum ausserordentlichen Mitglied der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften gewählt.

---

**Aufgelegte Schriften:**

- Arkiv f. Kemi, Mineralogi etc. Svenska Vetenskaps-Akademien in Stockholm. Band III, Heft 4—5. Upsala 1910.
- Arkiv f. Botanik. Svenska Vetenskaps-Akademien i. Stockholm. Band IX, Heft 3—4. Upsala 1910.
- Arkiv f. Zoologi. Svenska Vetenskaps-Akademien in Stockholm. Band VI, Heft 2—4. Upsala 1910.
- Bref och Skrifvelser v. Carl v. Linné. Herausg. v. d. Univers. Upsala. I. Abt., Teil 4. Stockholm 1910.
- Acta Universitatis Lundensis. Lunds Universitets Aarskrift. V, 1909. Lund 1909/10.
- Acta Universitatis Lundensis. Verfassers register. Lund 1906.
- Bergens Museums Aarbog 1910. Avhandlingar og Aarsberetning. Bergen 1910.
- Bulletin of the geological Institution University of Upsala. Band IX, Nr. 17—18, Band X, 19—10. Dazu Index for Volums I—X. Upsala 1910.
- Finska Vetenskaps-Societetens. Forhandlingar 52 a und c. Helsingfors 1910.
- Finska Vetenskaps-Societetens. Acta. Band 37, 3; Band 40, 4. Helsingfors 1910.
- Beiträge zur Kenntnis Finnlands u. s. w. H. 68, 1. 2 Hefte. Helsingfors 1910.
- Kaiserl. Universität Tokio. Mitteil. der medicin. Fakultät. Band IX, Heft 1. Tokio 1910.
- Report of the twelfth Meeting. Australasian Association f. Advancement of Science. Brisbane 1910.
- Parerganes Instituto geologico de Mexico. Tome III, Nr. 3—5. Mexico 1910.
- Proceedings American Academy of Arts and Sciences. Band 45, Heft 16—20. Cambridge 1910.
- Bulletin of the Museum of comparative Zoology. Harvard College. Band 52, Heft 16, 17. Cambridge 1910.
- Memoirs of the Museum of comparative Zoology. Harvard College. Band 40, 1 und 41, 1 und 2. Cambridge 1910.
- Bulletin of the New York public Library. Vol. XIV. 7—10. New York 1910.
- The American Naturalist. Band 44, Nr. 524—526. New York 1910.
- Bulletin of the Wisconsin natural history Society Band 8, 2 und 3. Milwaukee 1910.
- Bulletin of University of Nebraska. Serie XIV, Nr. 9. Lincoln, Nebraska 1909 und 1910.
- University studies. Vol. IX, Nr. 4. Lincoln, Nebraska 1909 und 1910.

N. G. Elwert'sche Verlagsbuchhandlung, Marburg i. H.

---

## Das Rhöngebirge

nach Entstehung und Oberflächengestaltung (mit Hossfelds  
Höhenschichtenkarte)

von **Dr. Wilhelm Hartung.**

gr. 8<sup>o</sup>. 1912. VIII, 207 S. Mk. 5.—.

---

## Geologischer Führer durch die Umgegend von Cassel

von Rektor **C. Hessler**

und Professor **Dr. M. Blanckenhorn.**

Mit 18 Abbildungen, 1 Profil und 1 geolog. Karte.

Biegsam in Leinen gebunden Mk. 2.—.

---

## Die Waldecker Talsperre

auf Grund amtlichen Materials bearbeitet von Regierungs-  
baumeister **W. Soldan** und Rektor **C. Hessler.**

Mit 44 Abbildungen, 2 Kartenskizzen und 2 Plänen.

Preis nur **Mk. 1.—.**

# Lehrbuch der Zoologie

Begründet von **C. Claus**, neu bearbeitet von **Karl Grobben**.

8. (2. verb. Aufl. der Neubearbeitung) Auflage.

Mit 993 Figuren.

**Mk. 18.—, gebunden Mk. 20.—.**

- 
- Claus, C.**, *Beiträge zur Kenntnis der Ostracoden*. 1. Entwicklungsgeschichte von Cypris. Mit 2 Tafeln. —.80
- *Beobachtungen über Lernaeocera, Peniculus und Lernaea*. Mit 4 Tafeln. 2.—
- *Beobachtungen über die Organisation und Fortpflanzung von Leptodera Appendiculata*. Mit 3 Tafeln. 1.60
- *Die Copepoden-Fauna von Nizza*. Mit 5 Tafeln. 3.—
- *Die Cypris-ähnliche Larve (Puppe) der Cirripedien und ihre Verwandlung in das festsitzende Tier*. Mit 2 Tafeln. 1.20
- Kayser, E.**, *Die Fauna des Dalmanitensandsteins von Kleinlinden bei Giessen*. Mit 5 Lichtdruck-Tafeln. 2.—
- Koenen, A. von**, *Das Miocæn Nord-Deutschlands und seine Mollusken-Fauna*. Mit 3 Tafeln. 4.—
- Lotz, H.**, *Die Fauna des Massenkalks der Lindener Mark bei Giessen*. Mit 4 Lichtdruck-Tafeln. 3.—
- Wigand, A.**, *Flora von Hessen und Nassau*. II. Teil. Fundorts-Verzeichnis der in Hessen und Nassau beobachteten Samenpflanzen und Pteridophyten. Herausgegeben von *Fr. Meigen*. Mit einer Karte von Hessen-Nassau. 7.—
- *Der botanische Garten zu Marburg*. Mit 1 Plan. 1.—