

# Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten  
Naturwissenschaften

zu

Marburg

BUREAU OF  
AMERICAN ETHNOLOGY  
1908  
LIBRARY.

==== Jahrgang 1907 =====

==== ○ =====

Marburg

Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch

1908



## Inhalts=Angabe.

---

	Seite
Herr <i>Oestreich</i> : Die Phlegräischen Felder . . . . .	1
„ <i>Thumb</i> : Die experimentelle Psychologie im Dienste der Sprachwissenschaft. . . . .	11
„ <i>Wiegand</i> : Ueber die Abhängigkeit spezifischen Wärme der Gase vom Druck . . . . .	24
„ <i>Wiegand</i> : Ueber die Steigerung der katalytischen Wirkung des Platins auf die Knallgasvereinigung durch galvanische Polarisation . . . . .	33
„ <i>Neumann</i> : Zum Problem der magnetischen Induktion in einer Kugel . . . . .	37
„ <i>Bonhoff</i> : Ueber Blut-, Nieren- und Harnbefunde bei Lapine . . . . .	48
„ <i>Schwantke</i> : Isomorphie und kristallochemisches Gleichgewicht . . . . .	60
„ <i>Harms</i> : Die Entwicklungsgeschichte der Najaden und ihr Parasitismus . . . . .	79
„ <i>Richarz</i> : Wann und auf welchem Wege beeinflussen suspendierte Teilchen Gewicht und Auftrieb einer Flüssigkeit . . . . .	95
„ <i>Heffter</i> : Ueber die reduzierenden Bestandteile der Zellen . . . . .	107
„ <i>F. A. Schulze</i> : Beobachtungen an Interferenzstreifen im Spektrum . . . . .	114
„ <i>F. A. Schulze</i> : Die Dielektrizitätskonstante des Schiefers . . . . .	126
„ <i>Feussner</i> : Ueber einen Interferenzmessapparat und eine damit von Herrn Dr. E. Schmitt ausgeführte Untersuchung . . . . .	128
„ <i>Disse</i> : Ueber die Bildung des Zahnbeins . . . . .	135
„ „ Demonstration über Ernährung der Keimblase bei <i>Sorex vulgaris</i> . . . . .	145
„ <i>Bonhoff</i> : Ueber eine Färbemethode für <i>Vaccine</i> -Erreger und über Reinkulturen derselben . . . . .	146
„ <i>Schaum</i> : Ueber selektive Emission . . . . .	155
„ <i>Korschelt</i> : Ueber Regenerationsversuche an <i>Tubifex</i> und <i>Lumbricus</i> . . . . .	160
„ <i>Korschelt</i> : Ueber Regenerationsversuche an Land- und Süßwasserschnecken . . . . .	164

## II

		Seite
Herr	<i>F. A. Schulze</i> : Auslösung Wehnelt'scher Kathodenstrahlen durch elektrische Wellen . . . . .	171
"	<i>F. A. Schulze</i> : Messung sehr hoher Schwingungszahlen mittelst Chladnischer Klangfiguren; Bestimmung der oberen Hörgrenze mit der Galtonpfeife und durch Longitudinalschwingungen von Drähten . . . . .	175
"	<i>Seddig</i> : Ueber Abhängigkeit der Brown'schen Molekularbewegung von der Temperatur . . . . .	181
"	<i>Richarz</i> : Bemerkung über Molekularbewegung und den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik . . . . .	188
"	<i>Seddig</i> : Bemerkungen zu einem Referate . . . . .	191
"	<i>Richarz</i> : Ueber die vermutliche Einatomigkeit von Metalldämpfen . . . . .	193
"	<i>Richarz</i> : Ueber die von Richarz und Wilhelm Ziegler nachgewiesene Erhitzung von Elektrolyten an kleinen Elektroden bis zur Siedetemperatur . . . . .	194
"	<i>W. Krauss</i> : Anatomische Untersuchungen über die Venen der menschlichen Orbita . . . . .	198
"	<i>Korschelt</i> : Ueber Regenerations- und Transplantationsversuche an Anneliden (Limicolen und Lumbriciden) . . .	203
"	<i>F. Schenk</i> : Apparat zur Mischung von Spektralfarben . . .	216
"	" " Ueber anomale Trichromasie . . . . .	218
"	<i>W. Ziegler</i> : Einfluss des Mediums auf die Grösse der elektrodynamischen, magnetischen und elektromagnetischen Kräfte	220

---

Aufgelegte Schriften: S. 35, 103, 167, 201, 239.

---

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

(am Schluss des Jahres 1907).

## 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. der Physik, Geh. Reg.- Rat, Münster . . . . .	19.	11.	01.

## 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. Geg.-Rat . . . . .	11.	3.	85.
<i>v. Behring, Emil</i> , Dr. med., o. Prof. d. Hygiene, Wirkl. Geh. Rat . . . . .	15.	5.	95.
<i>Beneke, Rudolf</i> , Dr. med., o. Prof. d. pathol. Anatomie . . . . .	14.	11.	06.
<i>Bonhoff, Heinrich</i> , Dr. med., o. Prof. der Hygiene . . . . .	9.	3.	04.
	(8.	11.	99)
<i>Disse, Joseph</i> , Dr. med., o. Honorar-Professor d. Anatomie u. I. Prosector . . . . .	13.	11.	95.
<i>Feussner, Wilhelm</i> , Dr. phil., a.o. Prof. der Physik . . . . .	14.	7.	81.
	(10.	6.	69)
<i>Fischer, Theobald</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Geographie, Geh. Reg.-Rat . . . . .	28.	11.	83.
<i>Gasser, Emil</i> , Dr. med., o. Prof. d. Anatomie, Geh. Med.-Rat . . . . .	27.	1.	88.
	(16.	7.	74)
<i>Hefter, Arthur</i> , Dr. med. et phil., o. Prof. d. Pharmakologie . . . . .	14.	11.	06.
<i>Hensel, Kurt</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik . . . . .	10.	12.	02.

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

## IV

<i>Kayser, Emanuel</i> , Dr. phil., o. Prof. der Geologie . . .	13.	1.	86.
<i>Kohl, Friedrich Georg</i> , Dr. phil., a.o. Prof. der Botanik	13.	11.	95.
		(6.	8. 84)
<i>Kohlrausch, Friedrich</i> , Dr. phil., Präsident der physikalisch- technischen Reichsanstalt a. D. . . . .	8.	2.	05.
<i>Korschelt, Eugen</i> , Dr. phil., o. Prof. der Zoologie . . .	26.	7.	93.
<i>Mannkopff, Emil</i> , Dr. med., o. Prof. d. inn. Med., Geh. Med.-Rat	8.	5.	67.
<i>Meyer, Arthur</i> , Dr. phil., o. Prof. der Botanik . . . . .	4.	11.	91.
<i>Neumann, Ernst</i> , Dr. phil., a.o. Professor der Mathematik	(13.	12.	05)
		8.	5. 07.
<i>Ostmann, Paul</i> , Dr. med., a.o. 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. Professor der Physik . . .	15.	5.	01.
<i>Schaum, Carl</i> , Dr. phil., a.o. Professor der physical. Chemie	(11.	8.	97)
		13.	12. 05.
<i>Schenck, Friedrich</i> , Dr. med., o. Professor der Physiologie	15.	5.	01.
<i>Schmidt, Ernst</i> , Dr. phil., o. Prof. d. pharm. Chem., Geh. Reg.-Rat	11.	3.	85.
<i>Tuczek, Franz</i> , Dr. med., o. Prof. der 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.

### B. Ausserordentliche.

<i>Brauer, Ludolf</i> , o. P. d. Med., Director d. medic. Klinik	14.	12.	04.
<i>v. Dalwigk, Friedrich</i> , Dr. phil., Prof., Privatdoc. der Mathemat.	9.	5.	00.
<i>v. Drach, Alhard</i> , Dr. phil., a.o. Prof. der Mathematik . .	11.	7.	66.
<i>Fries, Carl</i> , Dr. phil., Abteilungsvorsteher am chem. Institut	9.	3.	04.
<i>Haselhoff, Emil</i> , Dr. phil., Prof., Dir. d. landw. Versuchsstation	11.	2.	03.
<i>Hildebrand, Heinrich</i> , a.o. Professor der Medicin. . . .	14.	12.	04.
<i>Jahrmärker, Max</i> , Dr. med., Privatdoc., Oberarzt d. psychiatr. Klinik . . . . .	9.	2.	04.
<i>Jung, Heinrich</i> , Dr. phil., Privatdocent der Mathematik .	13.	12.	05.
<i>Krauss, Wilhelm</i> , Dr. med., Privatdocent der Augenheilkunde	10.	7.	07.
<i>Kutscher, Friedrich</i> , Dr. med., a.o. Professor der Physiologie	16.	2.	98.
<i>Lohmann, Alfred</i> , Dr. med., Privatdocent der Physiologie	8.	2.	05.
<i>Lorenz, Theodor</i> , Dr. phil., Privatdocent der Geologie . .	14.	11.	06.
<i>Meisenheimer, Johannes</i> , Dr. phil., Prof., Priv.-Doc. d. Zool.	16.	2.	98.
<i>Neide, Ernst</i> , Dr. phil. . . . .	13.	1.	04.
<i>Oestreich, Carl</i> , Dr. phil., Privatdocent der Geographie .	9.	3.	04.
<i>Reissert, Arnold</i> , Dr. phil., Priv.-Doc. d. Chemie, Professor	11.	2.	03.
<i>Rieländer, August</i> , Dr. med., Privatdocent der Gynaekologie	13.	6.	06.
<i>Römer, Paul</i> , Dr. med., Privatdocent der Hygiene, Abteilungs- vorsteher am hygienischen Institut . . . . .	9.	2.	04.

<i>Rupp, Erwin</i> , Dr. phil., a. o. Professor der Chemie, Abteilungsvorsteher am pharmaceut.-chemischen Institut . . .	14.	12.	04.
<i>Schulze, Franz Arthur</i> , Dr. phil., Professor, Privatdocent der Physik . . . . .	31.	7.	01.
<i>Schwantke, Arthur</i> , Dr. phil., Assistent am mineral. Institut	21.	6.	99.
<i>Siebert, Carl</i> , Dr. phil., Chemiker . . . . .	14.	5.	02.
<i>Thumb, Albert</i> , a. o. Prof. der indogermanischen Sprachen	14.	2.	06.
<i>Tönniges, Carl</i> , Dr. phil., Assistent am zoolog. Institut .	16.	2.	98.
<i>Weidenmüller, Carl</i> , Dr. phil., Gymn.-Oberlehrer a. D., Prof.	14.	4.	82.
<i>Zumstein, Jacob</i> , Dr. med., Priv.-Doc. d. Anat., Prof., 2. Prosector	16.	2.	98.

### Auswärtige Mitglieder. \*)

<i>Ach, Narciss</i> , Dr. med. et phil., Professor der Philosophie, Königsberg . . . . .	(8.	2.	05)
<i>Aschoff, Ludwig</i> , o. Prof. d. patholog. Anatomie, Freiburg i. Br.	17.	6.	03.
<i>Axenfeld, Theodor</i> , Dr. med., o. Prof. d. Ophthalm., Freiburg i. Br.	(15.	1.	96)
<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, Rob.</i> , Dr. med., Priv.-Doc. d. path. Anatom., Göttingen	(14.	5.	02)
<i>Brauer, August</i> , Dr. phil., a. o. Professor, Direktor des naturhistorischen Museums, Berlin . . . . .	17.	5.	99.
	(17.	6.	96)
<i>Braun, Ferdinand</i> , Dr. phil., o. Prof. der Physik, Strassburg	(8.	2.	78)
<i>Braun, Heinrich</i> , Dr. med., o. Prof. der Chirurgie, Geh. Med.-Rat, Göttingen . . . . .	14.	3.	90.
<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>Debus</i> , Dr. phil., Prof., Cassel . . . . .	(16.	11.	59)
<i>Dietrich, Theodor</i> , Dr. phil., Prof., Geh.-Reg.-Rat, Hannover	(15.	1.	96)
<i>Dohrn, Rudolf</i> , Dr. med., o. Prof. der Gynäkologie, Geh. Med.-Rat, Dresden . . . . .	10.	2.	64.
<i>Drevermann, Fritz</i> , Dr. phil., 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>Frueter, Rudolf</i> , o. Professor der Mathematik, Basel . . .	(8.	5.	07)

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

## VI

<i>Fürstenau, Eduard</i> , Dr. phil., Geh. Reg.-Rat, Berlin . . .	(25. 4. 60)
<i>Gadamer, Johannes</i> , Dr. phil., o. Prof. der pharmaceut. Chemie, Breslau . . . . .	(9. 3. 98)
<i>Goebel, Carl</i> , Dr. phil., o. Prof. der Botanik, München . . .	27. 1. 88.
<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., Priv.-Doc. der inneren Med., Oberarzt, Göttingen . . . . .	(25. 6. 02)
<i>Heusler, Fritz</i> , Dr. phil., Dillenburg . . . . .	8. 2. 05.
<i>v. Koenen, Adolf</i> , Dr. phil., o. Prof. 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. Med., Heidelberg	8. 11. 99.
<i>Küster, Fr. Wilh.</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Chemie, Klausthal	(26. 7. 93)
<i>Küster, Ernst</i> , Dr. med., o. Prof. d. Chirurgie, Geh. Reg.- Rat, Berlin . . . . .	4. 11. 91.
<i>Küttner, Hermann</i> , Dr. med., o. Prof. d. Chirurg., Breslau	(2. 8. 05)
<i>Loewi, Otto</i> , Dr. med., a. o. Prof. der Pharmakologie, Wien	15. 5. 01.
<i>Lotz, Heinrich</i> , Dr. phil., Geologe, Berlin . . . . .	(13. 12. 99)
<i>Mannel, Gottfried</i> , Dr. med., Geh. Hofrat, Arolsen . . . . .	(31. 8. 64)
<i>Meyer, Hans</i> , Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Wien	11. 3. 85.
<i>Müller, Friedrich</i> , Dr. med., o. Prof. d. inn. Med., München	26. 4. 98.
<i>Nebelthau, Eberhard</i> , Dr. med., a. o. Prof. d. inn. Med., Halle a. S.	26. 4. 98. (15. 5. 95)
<i>Noll, Alfred</i> , Dr. med., a. o. Prof., Jena . . . . .	(16. 2. 98)
<i>Opitz, Erich</i> , Dr. med., Professor, Direktor der Frauenklinik, Düsseldorf . . . . .	(13. 1. 04)
<i>Pfannkuch, Wilh.</i> , Dr. med., pract. 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., Priv.-Doc. der Zoologie, Prof., Berlin	(27. 1. 88)
<i>Plenge, Enriquez</i> , Dr. med., Heidelberg . . . . .	(7. 3. 99)
<i>Ransom, Frederick</i> , Dr. med. . . . .	(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. Medicin, Tübingen	20. 6. 00.
<i>Rost, Eugen</i> , Dr. med., Hülfсарb. am Reichs-Gesundheits-Amt, Berlin . . . . .	(16. 2. 98)
<i>Rubner, Max</i> , Dr. med., o. Prof. d. Hyg., Geh. Med.-Rat, Berlin	13. 1. 86.
<i>Rumpf, Theodor</i> , Dr. med., Prof., Bonn . . . . .	14. 3. 90.
<i>Ruppel, Wilhelm</i> , Dr. phil., Prof., Höchst . . . . .	(18. 7. 00)

## VII

<i>Schell, Wilhelm</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Math., Geh. Rat, Karlsruhe	29. 4. 57. (13. 2. 56)
<i>Schenck, Rudolf</i> , Dr. phil., o. Prof. d. phys. Chemie, Aachen	(11. 8. 97)
<i>Schmidt-Rimpler, Hermann</i> , Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Halle	. . . . . 15. 11. 71.
<i>Schottelius, Max</i> , Dr. med., o. Prof. d. Hyg., Hofrat, Freiburg i. B.	(11. 7. 79)
<i>Schridde, Hermann</i> , Dr. med., Privatdoc. d. pathol. Anatomie, Freiburg i. Br.	. . . . . (13. 12. 05)
<i>Seddig, Max</i> , Dr. phil., Frankfurt	. . . . . (17. 6. 03)
<i>Seemann, John</i> , Dr. med., Privatdoc. d. Physiologie, Giessen	5. 6. 02.
<i>Siemens, Friedrich</i> , Dr. med., Geh. Med.-Rat, Dir. d. Landesirrenanstalt Lauenburg i. P.	. . . . . (19. 12. 79)
* <i>Speck, Carl</i> , Dr. med., San.-Rat, Kreis-Physik., Dillenburg	5. 4. 71.
<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. d. Pharmakol., Freiburg	(13. 12. 05)
<i>Study, Eduard</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Mathematik, Bonn	. (14. 3. 90)
<i>Uhthoff, 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., Professor, Director des städtischen Krankenhauses Magdeburg-Sudenburg	. . . . . (12. 2. 02)
<i>Wernicke, Erich</i> , Dr. med., Professor, Director des hygien. Instituts in Posen	. . . . . 16. 2. 98. (10. 2. 97)
<i>Wüllner, Adolf</i> , Dr. phil., o. Prof. der Physik, Geh. Geh.-Rat, Aachen	. . . . . (8. 12. 58)

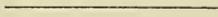
### Der Vorstand.

*M. Bauer*, Vorsitzender.

*J. Disse*, Ständiger Schriftführer.

### Engerer Ausschuss.

*E. Korschelt*, Stellvertretender Vorsitzender, *F. Richarz*, *F. Schenk*.





# Sitzungsberichte

der

## Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

### MARBURG

---

---

**N<sup>o</sup>. 1**

**Januar**

**1907**

---

---

In der ordentlichen Sitzung vom 9. Januar sprach Herr  
Dr. Oestreich über

### **Die Phlegräischen Felder.**

Die Phlegräischen Felder stellen sich dar als ein Gewirre von aneinander gereihten und ineinander geschachtelten Hohlformen und Hochformen, von Kesseln und Hügelkränzen. Die Frage, die sich bei der Deutung jeder Geländeform dort aufdrängt, hat zu lauten: Ist der betreffende Kessel ein Krater, also Ergebnis der Aufschüttung, oder ein Bruchbecken, also Ergebnis des Einsturzes, oder ein Umwallungsbecken, also nicht aufgefülltes Gebiet zwischen Aufschüttungen? Es könnte schliesslich bei dem leicht zerstörbaren Charakter des Gesteins auch eine einfache Denudationsform Ausmalse erreichen, die sie mit Aufschüttungs- oder Einsturzformen zum Verwechseln ähnlich gestalten.

So verwirrend nun der erste Eindruck ist, den der Besucher dieser Gegend erhält, so klar ergibt sich aus dem vergleichenden Studium der geologischen Beschaffenheit und der heutigen Formen die Entstehungsgeschichte dieser Vulkanoberfläche. Die ganze Geschichte des Phlegräischen Vulkans spielt sich in der Quartärzeit ab. Sie zerfällt in drei Pe-

rioden, in denen immer Gesteine von demselben petrographischen Charakter, aber in verschiedener Fazies, um mit der stratigraphischen Terminologie zu reden, gefördert wurden, nämlich Laven und Tuffe von trachytischem Typus.

In der ersten Periode fanden die Ausbrüche statt, denen die schwarz-grau geflamnte Piperno-Lava und der graue Tuff Campaniens entstammt. Der Piperno wird in gewaltigen Steinbruchgrotten am Fuss des Bergsporns von Camaldoli gewonnen, die zugehörigen Tuffe sind im Untergrund von Neapel gefunden, auch bei Cumae kommen sie, eine alte Lava überlagernd, vor. Ausserdem aber bedeckt der „graue Tuff“ den Boden der ganzen Campania felice, reicht bis in die Apenninen und findet sich an geschützten Stellen, in Tälern, auf Stufenflächen, bis in die Gegend, von Benevent. Die durchschnittliche Mächtigkeit beträgt 5 bis 6 m. Wo er grössere Mächtigkeit erreicht, erklärt sie Deecke<sup>1)</sup>, dem wir eine ausführliche Darstellung des Vorkommens und der Zusammensetzung verdanken, als eine Herabschwemmung von den Höhen oder, wie bei Sorrent, als Heranschwemmung durch Erdbebenwellen. Die Gleichartigkeit der mineralogischen Zusammensetzung spricht dafür, dass es sich um eine einmalige gewaltige Eruption handelt, oder höchstens um eine Reihe zeitlich sehr nahe aufeinander folgender Eruptionen aus demselben vulkanischen Schlot. Der Ausbruch erfolgte submarin, der Niederfall der durch Einwirkung des Meerwassers zu Tuff gewordenen Asche aber geschah zum grossen Teil auf dem Festland. Wo die Ausbruchsstelle lag, ist unbekannt. Viel spricht dafür, dass sie am Fuss des Bergsporns von Camaldoli lag; denn hier findet sich die Piperno-Lava, die als Trachytlava nicht weit geflossen sein kann. Aber da Lava wie Tuff der ersten Periode von jüngeren Aufschüttungen

---

1) Deecke, Zur Geologie von Unteritalien. 3. Der sog. campanische Tuff, seine Lagerung, Zusammensetzung und Entstehung. Neues Jahrbuch. 1891. II. Band.

verhüllt sind, spielen die Produkte der ersten vulkanischen Periode keine bedeutende Rolle in dem Antlitz der phlegräischen Felder, höchstens dass vielleicht die grössere Höhe des Berges von Camaldoli daherrührt, dass hier eine mächtige Lava den Sockel bildet.

Dagegen tritt das Produkt der zweiten Periode in höchstem Masse formbildend auf. Auch der „gelbe Tuff“ wird erklärt als eine unter Mitwirkung des Meerwassers zu Tuff gewordene Asche. Nur ist sie nachweisbar aus vielen Schloten ausgetreten; einige der Ausbruchsstellen sind fast unversehrt erhalten, andere sind als deutliche Kraterruinen zu erkennen, während wiederum andere eingeebnet sind bis zur Unkenntlichkeit der ursprünglichen Kraterform. Wie weit die durch diese Ausbrüche sich bildenden Krater unter der Meeresoberfläche untergetaucht blieben, entzieht sich unserer Kenntnis. Sollte nicht die vorzügliche Erhaltung mancher dieser Tuffkrater dafür sprechen, dass der Kraterrand und auch der Kraterboden sich in vielen Fällen über das Meeresniveau erhob? Am besten können wir uns einen Archipel kleiner, eng gedrängter vulkanischer Inseln hier vorstellen, und unter diesen wuchsen manche der Krater bis zu beträchtlicher Höhe über das Meeresniveau hinauf. Unter der Annahme gänzlichen Untergetauchtsein der Vulkane möchten wir doch eher eine Zuschüttung der Krater voraussetzen, als eine so vollständige Ausräumung, wie im Beispiel des Campiglione.

Die Form dieser Tuffvulkane ist in typischer Weise von Dana<sup>1)</sup> geschildert worden. Bezeichnend ist für sie eine geringe Böschung, 15—20° und ein breiter, schüsselförmiger Krater. Ein beträchtlicher Teil des ausgestossenen Materials fällt also in die Krateröffnung zurück und sucht diese auszufüllen: vom Kraterrand besteht also nach beiden Seiten

---

1) Dana, Manual of Geology. 4. Aufl. 1895. 270 f.

eine Neigung der Tufflagen. Diesem Schema entspricht in vorzüglicher Weise der bestuntersuchte Krater aus der Periode des gelben Tuffs, die Krater ruine des Vorgebirges von Miseno <sup>1)</sup>: 20—25° ist die Neigung im mantelseitigen, 25—30° im kraterseitigen Abfall. Ein Teil der Ausbruchstellen aus der Periode der gelben Tuffe liegt noch (oder wieder?) unter dem Meer, andere tauchen nur mit einem Teil ihrer Umwallung aus dem Meere heraus: der Hafen von Miseno, Nisida. Andere sind bis zur Unkenntlichkeit zerstört, so die Krater, deren Auswurfsprodukte uns in den Tuffwallektoren von Pozzuoli und dem Monte Dolce bei Bagnoli erhalten sind. Die grösste Mächtigkeit aber erlangen die gelben Tuffe im Osten: das unregelmässige Bergland von Camaldoli und Neapel ist bis in seine höchsten Höhen, also etwa in 400 m Mächtigkeit, aus gelbem Tuff aufgebaut. Hier also müssen die stärksten, am längsten anhaltenden Ausbrüche stattgefunden haben, und es wird seit jeher angenommen, dass der südöstliche Abhang des Posilippo-Bergrückens dem äusseren Kegelmantel zweier aneinander gereihter Krater entspricht, dass der Stadtteil Chiaja und Alt-Neapel selbst zwei Kraterböden entsprechen, deren nördliche Umwallung noch erhalten ist, und dass auch die Böden von Soccavo und Pianura Reste alter Krater vorstellen. Denn wenn auf diesen Bergen auch mehr oder weniger überall eine dünne Decke jüngerer Ablagerungen den gelben Tuff bedeckt, wirkliche jüngere Krater werden nicht beobachtet, so dass die Oberflächenformen geradewegs auf die Ausbruchstätigkeit der zweiten Periode zurückgehen dürften. Gelber Tuff, doch gleichfalls ohne Zusammenhang mit heute noch erhaltenen Kraterformen, findet sich an der Rückwand (Nordseite) des Piano di Quarto. Ein von D e e c k e gegebenes Profil lässt den Tuff, gegen N. fallend,

---

1) G. de Lorenzo, I crateri di Miseno nei Campi Flegrei. Atti della R. Accad. delle Scienze fis. e. mat. vol. XIII, ser. 2, No. 1. Napoli 1905. S. 18.

den Untergrund der Montagna Spaccata bilden.<sup>1)</sup> Auch die Küstenstrecke zwischen dem Averner See und dem Golf von Bajä mit dem Vorgebirge Punta dell' Epitaffio und wiederum der Kastelhügel von Bajä in seinem Untergrund bestehen aus gelbem Tuff, der auch, wie bei Torre Gaveta zu sehen, den Monte di Procida zusammensetzt, und, wie mir scheint, im Westen überhaupt etwas grössere Verbreitung hat, als aus de Lorenzo's Uebersichtskärtchen<sup>2)</sup> hervorgeht.

Aber ausser diesen in der Peripherie gelegenen Kraterresten ist in der Mitte des Gebietes ein Krater aus der Zeit der gelben Tuffe in vorzüglicher Weise erhalten: Campiglione, der Mons Gaurus des Altertums. Der Kraterboden liegt in etwa 80 m; 329 m, die zweithöchste Erhebung der ganzen Gegend, erreicht im Monte Barbaro die Südflanke, 319 m im Monte Corvara die Nordflanke des Kraters. Die äussere Form des Kraters ist jedoch nicht mehr die ursprüngliche: es fehlt im südwestlichen Teil der Umwallung ein sektorförmiger Ausschnitt, und bis auf 160 m ist hier, im WSW, der Kraterwall eingekerbt. Auch im Osten ist er in schmaler Linie zu 130 m erniedrigt, und der Abhang des Monte Barbaro ist von O. über S. nach SW. unnatürlich steil. Man hat abradierende Tätigkeit des Meeres hierfür verantwortlich gemacht. Das würde aber bedeuten, dass das Meer steigend gegen den bereits subaërisch liegenden Krater andrang.

Im grossen und ganzen muss aber als auf die zweite Ausbruchsperiode zeitlich folgend eine Erhebung der phlegräischen Gegend über das Meer angenommen werden. Denn von jetzt an spielen die Meerwasser keine Rolle mehr bei den Eruptionen, als Trockentuff wird das Aschenmaterial über die Umgebung der Ausbruchsstelle zerstäubt. De e c k e spricht

---

1) Deecke, Fossa Lupara, ein Krater in den Phlegräischen Feldern bei Neapel. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 40. Bd. 1888. S. 173.

2) G. de Lorenzo, History of volcanic action in the Phlegraean Fields. Quart. Journ. Geol. Soc. Bd. 60. 1904. Tafel 28.

von einer Einebnung<sup>1)</sup>, die das phlegräische Gebiet nun erfahren habe, eine 50—60 m hohe Plattform sei in die Tuffvulkane eingeschnitten worden. Jedenfalls ist das aber nur sehr unvollkommen erreicht worden, eine vollkommene Einebnung hat nicht stattgefunden, die Tuffkrater auch als Ruinen ragen hoch über diese hypothetische Sockelhöhe hinaus, wenn auch für die heutige Gestalt der phlegräischen Landoberfläche in erster Linie die Eruptionen der dritten Periode verantwortlich zu machen sind.

Die dritte Periode förderte in erster Linie und massenhaftester Verbreitung lose, hellgrau gefärbte Auswürflinge: Bimssteine, Sande, die unter dem von der Stadt Pozzuoli hergenommenen Namen „Pozzolana“ gehen. Diese Auswürflinge bedecken, auch in grösserer Entfernung von den Ausbruchschloten, die aus gelbem Tuff bestehenden alten Kraterreste, z. B. die Abhänge des Berges von Camaldoli gegen Neapel. Die Krater selbst sind aufgebaut zum grössten Teil aus Lagen von Schlacken, also von ursprünglich glühendem Material, wie Bomben, die erst nach dem Niederfallen, aber dann jäh erstarrt sind; die Formen dieser Schlackenkegel (cinder-cone bei Dana) sind steiler, die Böschung beträgt 35 bis 40° im Maximum, die Krateröffnungen sind eng und steil. Nur selten ist auch kraterseitige Neigung der Schlackenlager vorhanden, wie sie de Lorenzo von dem Krater Astroni abbildet.

Der Typus des Schlackenkegels wird am besten durch den Monte Nuovo repräsentiert: hier die steile Böschung des Kratermantels, hier der enge und tiefe Krater: 10 m Meereshöhe bei 140 m Höhe der höchsten Stelle in der Umrandung. Was aber hauptsächlich an diesen Kratern auffallen muss, sind zwei Tatsachen, die von de Lorenzo<sup>2)</sup> im Zusammenhang dargestellt wurden: das Wandern der Ausbruchsstelle

---

1) Deecke, Geologischer Führer durch Campanien. Sammlung geologischer Führer. VIII. Berlin 1904. S. 41.

2) G. de Lorenzo, Quart. Journ. Geol. Soc. Bd. 60. 1904. S. 307 ff.

mit dabei stattfindender Verkleinerung des Eruptionsradius und die Gleichmässigkeit, die darin besteht, dass die nur oder vorzugsweise detritisches Material ausstossenden Vulkane mit wenigen oder gar mit einem Ausbruche ihren Magmavorrat erschöpft haben, die Lava in fliessendem Zustand oder auch in schlackigem Charakter ausstossenden Vulkane aber längeres Leben haben.

Für die konzentrische Einkreisung der Eruptionsstelle bieten sich zwei vorzügliche Beispiele. Innerhalb der zerstörten Krater aus der zweiten Periode, Camaldoli—Posilippo, erhebt sich ein Kraterwall, der nur noch in seiner südöstlichen Hälfte vorhanden ist. R. T. Günther<sup>1)</sup> nennt ihn, da der Rest des zugehörigen Kraterbodens das Becken des früheren — künstlichen — Agnano-Sees enthält, Archiagnano. Die heutige Gestalt der Becken von Pianura, Soccavo und Fuorigrotta ist eine Folge dieser Aufschüttung des Archiagnano-Kraters, dessen höchster Punkt 214 m hat, bei einer Lage des Kraterbodens in nur 5 m Meereshöhe. Eine Schlackenanhäufung, Monte Spina, erhebt sich in seiner Südflanke, während die Hauptmasse aus detritischem Material, Bimsstein und Asche, besteht, wie man zu beiden Seiten des künstlichen Einschnittes bemerkt, durch den die Strasse von Neapel her in das weite Kraterbecken führt. Der südwestliche Teil der alten Kraterumwallung ist aber von einem jüngeren Vulkan, der Solfatara, überwölbt, und diese scheint wiederum älter zu sein, als der Vulkan Astroni, der den ganzen Nordwesten und Norden des alten Archiagnano-Kraters ausfüllt. Astroni ist der schönste Krater, der grösste und am vollständigsten erhaltene der Gegend.<sup>2)</sup> Innerhalb eines 200 m

---

1) R. T. Günther, The Phlegrean Fields. Geogr. Journ. 10. Bd. 1897. S. 425.

2) G. de Lorenzo e C. Riva, Il cratere di Astroni nei Campi Flegrei. Atti della R. Accad. delle Scienze fis. e nat. vol. IX. ser. 2. Napoli 1902.

tief eingesenkten Kraters sind drei jüngere Centralkrater, eine Lavakuppel, ein Schlackenstrom und ein Aschenkegel, aufgeschüttet. Aber während dieser, wie es scheint, jüngste Vulkan der Agnano-Reihe zu den erloschenen Vulkanen gehört, ist der unter dem nächst älteren, der Solfatara, gelegene Magmaherd noch nicht erschöpft. Aus dem Jahre 1198 wird von einem Ausbruch berichtet, und heute noch werden aus der Bocca grande und vielen anderen Poren des Kraterbodens und der Kraterwände Schwefelwasserstoff, Schweflige Säure und Kohlensäure exhaliert, weshalb die Solfatara auch den Namen für eine ganze Klasse vulkanischer Erscheinungen abgegeben hat. Die Solfatara hat auch gegen Süden zu den mächtigen Trachytstrom des Monte Olibano austreten lassen, und es wird darauf hingewiesen, dass die längere Dauer der Tätigkeit dieses Vulkans im Gegensatz zu dem einmaligen Paroxysmus der echten Schlacken- und Aschenvulkane eben auf die verhältnismässige Armut seines Magmaherdes an Wasserdämpfen zurückgeführt werden kann.

In den Flanken des Astronivulkans sitzen dann noch zwei parasitische Vulkane auf, im Westen der bis zu 207 m aufragende Kraterberg des Monte Cigliano und im Norden die niedrigen Schlackenwälle, die den Senga-Vulkan bilden. Im Gelände wenig hervortretend, erhebt sich dieser aus einer Reihenfolge von drei Ausbrüchen mit stetig kleiner werdendem Radius entstandene Vulkan kaum über die in etwa 100 m Meereshöhe liegende Hochfläche zwischen den Astroni und der Montagna Spaccata, also aus altem Krater-, oder wenigstens Explosionstrichterboden. Nur der innerste Krater (Fossa Lupara) ist vollständig erhalten, und dort ist es, wo in einem Lavaausfluss die Spalte klafft, nach der der Vulkan „Senga“ genannt wird. Sie dürfte wohl einer bei der Abkühlung erfolgten Aufreissung entsprechen.

Das zweite Beispiel von Einkreisung des vulkanischen Ausbruchsgebietes ist das System des Averner Vulkans. In diesem Falle ist die Westseite des alten Vulkans, Monte

Grillo und Monte Rosso, stehen geblieben, und in diesem Vulkanrest wurde ein Explosionskrater ausgeblasen, der im Verhältnis zu seiner Weite von nur unbedeutenden Bimssteinlagen umgürtete Kessel des Averner Sees. Dass er tatsächlich einer Explosion seine Existenz verdankt, dafür mag auch der Umstand sprechen, dass Fetzen von Vesuvlava in seinem Schlot mitgerissen wurden. Der Spiegel des Averner Sees liegt nur  $1\frac{1}{2}$  m über dem Meeresniveau, die Sohle senkt sich sehr schnell zu einer gleichmässigen Tiefe von etwa 35 m.<sup>1)</sup> Sein südöstliches Ende aber ist überwallt von dem steilen Schlackenkegel des Monte Nuovo, der in der Zeit vom 27. zum 29. September 1538 in einmaligem Paroxysmus ausgeschüttet wurde.

Nach den von de Lorenzo gegebenen Profilen möchte es scheinen, dass die drei Krater von Miseno in die Zeit der dritten Ausbruchperiode hinein tätig blieben. Dasselbe ist der Fall gewesen mit dem Krater der Montagna Spaccata.

Die anderen deutlich erhaltenen Krater, wie Santa Theresa, einen jugendlichen Miniaturkrater in der Ebene von Bagnoli, ferner Fondi di Baja, Monte Ruscello u. s. w. übergehe ich; mehr zu denken geben die grossen, mehr oder weniger vollständig erhaltenen Kesselebenen, die sich an manchen Stellen zwischen unzweifelhaften Kraterbergen eingeschaltet finden. Es ist schwer, in einem Kessel wie Rione Teano (zwischen Monte Barbaro und Monte Nuovo) eine simple Denudationserscheinung zu sehen, und ebenso ist der Steilrand von Torre Poerio (gegenüber vom Senga-Vulkan) auf keine Weise als natürlicher Abhang, aber auch nicht als Denudationsabhang zu deuten. Es liegt nahe, an Explosionserscheinungen zu denken. Am auffälligsten ist das in der Nordflanke des Phlegräischen Vulkans eingesenkte, mehrere (2·5 zu 4) Kilometer im Durchmesser messende Becken Piano di Quarto. Die Tuff- und Aschenschichten der Montagna Spaccata fallen nach Norden ab, die

---

1) Günther, a. o. O. Map III.

Montagna Spaccata bildet also nicht eine „Krater“umwallung des Piano di Quarto. Der nördliche Wall besteht, soweit ich sah, aus gelbem Tuff, ist also genetisch total verschieden vom Südwall. Suess<sup>1)</sup> denkt an eine Einsturzerscheinung, Einbruch auf Grund von Höhlenbildung infolge seitlichen Lavaaustritts. Ebensogut können wir uns das Piano aber als einen gewaltigen Explosionskrater denken. Denn es ist nicht einzusehen, wohin sich die Lava ergossen haben sollte, deren Entweichen eine so gewaltige „Pinge“ hervorgerufen haben sollte. Jedenfalls ist das Piano eine junge Form. Die dritte Periode der vulkanischen Tätigkeit war also ausgezeichnet durch heftige Explosionen und durch Aufschüttungen mächtiger Schlackenkegel. Sie hat das heutige Antlitz der Phlegräischen Felder geschaffen, das wir uns in diesem kurzen Bericht auf Grund eigener Begehungen und des Studiums der Literatur zu deuten bemüht haben.

---

1) Face de la Terre (Antlitz der Erde) II. S. 611.

# Sitzungsberichte

der

## Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

### MARBURG

---

---

**Nr. 2**

**Februar**

**1907**

---

---

In der ordentlichen Sitzung vom 13. Februar sprach Herr Albert Thumb:

#### **Die experimentelle Psychologie im Dienste der Sprachwissenschaft.**

Während die Lehre vom Lautwandel und von den Lautgesetzen (das „physiologische“ Moment der Sprachentwicklung) sich in der exakten Behandlung der Probleme der Arbeitsweise des Naturforschers nähert, ist der nicht weniger wichtige, vorwiegend „psychologische“ Faktor im Leben der Sprache, den man unter dem Begriff der „Analogiebildung“ zusammenfasst, einer gleichartigen exakten Untersuchung schwerer zugänglich. Die Lautphysiologie, insbesondere die Experimental-Phonetik macht sich die Ergebnisse und Methoden der Physiologie und Physik zu Nutze; aber die Erforschung der psychologischen Vorgänge des Sprachlebens zieht die Hilfsmittel, die von der experimentellen Psychologie geboten werden, nicht in gleicher Weise herbei. Und doch bietet auch hier (wie überhaupt in der Völkerpsychologie) die experimentelle Analyse der individuellen

seelischen Erscheinungen den besten Ausgangspunkt für die Untersuchung der allgemeinen Gesetze der Sprache. Wie gewisse lautliche Vorgänge beim individuellen „Versprechen“, z. B. Umstellung oder Verwechslung von Lauten (Kra-vallerist für Kavallerist, Kravierlehrer für Klavierlehrer) zur Illustrierung und Erklärung verwandter genereller Spracherscheinungen mit Nutzen herangezogen werden, so kann auch die Betrachtung der sprachlichen Analogiebildungen an entsprechende Vorgänge beim Versprechen anknüpfen: wer z. B. einen Satz aussprechen will das Wasser verdampft, statt dessen aber sagt das Wasser verdumpft, weil beim Innervieren des Wortes verdampft sich die Wortvorstellung verdunstet ins Bewusstsein drängt, der erzeugt eine sprachliche Neuerung, die der Umbildung von lateinischem *gravis* zu vulgär-lat. *grevis* nach dem Muster von *levis* oder von lat. *reddere* zu *rendere* (ital. *rendere*, franz. *rendre*) nach *prendre* (franz. *prendre*) oder von deutschem *elf* zu *ölf* nach *zwölf* aufs genaueste entspricht. Im Falle des verdumpft handelt es sich um eine individuelle, in den andern Fällen um eine generelle Störung einer Wortform durch eine andere, die associativ mit der gestörten Wortform verbunden ist. Sprachliche Aenderungen dieser Art werden als Analogiebildungen bezeichnet; die speziell angeführten Fälle werden auch Kontaminationsbildungen genannt zum Unterschied von den „grammatischen Angleichungen“, die eine Anähnlichung der Formen eines Paradigmas (Deklinations- und Konjugations-Formen) zur Folge haben; letzteres tritt z. B. ein, wenn die Flexionsformen *ich gebe, du giebst, wir geben* zu (mundartlich) *ich gebe, du gebst, wir geben* ausgeglichen werden. Im folgenden soll uur die erste Gruppe (die der stofflichen Analogiebildungen oder sogen. Kontaminationen) näher betrachtet werden.

Vergegenwärtigen wir uns zunächst nochmals die psychische Konstellation, die Erscheinungen von der Art des verdumpft

zu grunde liegt: im Moment des Aussprechens von verdampft stört die Association verdunstet die Innervierung des gewollten Wortes. Analogiebildungen beruhen also auf bestimmten Associationstendenzen. Wenn man daher jene sprachlichen Tatsachen psychologisch erklären will, so hat man zu untersuchen, welche Eigenschaften den Associationen zukommen, die sprachlich wirksam werden. Da man unter Association jeden Vorgang versteht, bei dem eine gegebene Vorstellung **a** eine andere Vorstellung **b** hervorruft, so können natürlich zahlreiche Associationen von vornherein aus der speziell sprachwissenschaftlichen Betrachtung ausgeschieden werden: wenn z. B. das Bild einer Rose die Vorstellung des Duftes der Rose oder eines Blumenstrausses ins Bewusstsein ruft, so hat eine solche Association nichts mit der Sprache zu tun; aber das gilt auch, wenn das Wort Rose jene gleichen Vorstellungen auslöst; nur die Association von Worten — wenn also ein Wort ein anderes hervorruft — kommt für sprachpsychologische Zwecke in Betracht. Das Problem lautet mithin: welche Eigenschaften besitzen die Wortassociationen, denen die Fähigkeit zukommt, Analogiebildungen zu bewirken? Das Associationsexperiment giebt uns das Mittel, die Beantwortung der Frage zu versuchen; als Reizwörter sind solche Wortformen zu benutzen, die in der Sprache besonders leicht analogischen Umbildungen ausgesetzt sind. Unter diesem Gesichtspunkt wurden von mir 10 Verwandtschaftsnamen (Vater, Mutter u. s. w.), 10 Adjektiva von der Art gross, klein, leicht, schwer, 10 Pronomina, 10 Orts- und 10 Zeitadverbien, die Zahlen 1 bis 10 und 80 Infinitive als Wortmaterial gewählt. Bei den Versuchen, die ich schon vor Jahren in Gemeinschaft mit K. Marbe ausführte, wurde den acht Versuchspersonen die Aufgabe gestellt, auf ein zugerufenes Reizwort unmittelbar (jedoch nicht hastig) mit dem Worte zu antworten, das zuerst 'einfiel'; die Zeit wurde in der Weise gemessen, dass der Versuchsleiter beim Zuruf eine Fünftel-Sekunden-Uhr in

Bewegung setzte, beim Hören der Antwort arretierte.<sup>1)</sup> Weitere Versuche, die ich im Sommer 1905 und 1906 zusammen mit N. A. ch im physiologischen Institut der Universität Marburg ausführte, fanden unter exakter Zeitmessung statt: wir bedienten uns eines Hipp'schen Chronoskops, das vom Versuchsleiter durch elektrischen Kontakt in Gang gesetzt, von der Versuchsperson durch Hineinsprechen in einen sogenannten Schallschlüssel (Schallrohr mit Membran) ebenfalls auf elektrischem Weg angehalten wurde. J. Watt<sup>2)</sup> wiederholte die Versuche ebenfalls mit genauer Zeitmessung, aber mit optisch dargebotenen Reizworten. Die einfachere Zeitmessung genügt jedoch durchaus für solche Associationsversuche, deren Ziel es ist, das relative Verhalten der verschiedenen Associationszeiten zu untersuchen, wie denn auch z. B. J. u. n. g und R. i. c. k. l. i. n<sup>3)</sup> sich bei ihren Versuchen des gleichen Verfahrens bedienten. Zwar ist die gemessene Bruttozeit wesentlich grösser als die reine Associationszeit (was übrigens auch für die kompliziertere Messung gilt); aber die Zeit- und Fehlergrösse ist im Verhältnis zur variablen Associationsdauer annähernd konstant. Die feinere Zeitmessung der späteren Versuche ergab daher auch keine andere Gesetzmässigkeit als die einfache Messungsweise der früheren Versuche.

Unser Wortmaterial zeigte ein associatives Verhalten, das zunächst in zweierlei Beziehung bemerkenswert ist.

---

1) Vgl. darüber und über die Ergebnisse dieser Versuche Th u m b und M a r b e Experimentelle Untersuchungen über die psychologischen Grundlagen der sprachlichen Analogiebildung. Leipzig 1901. Ueber die im folgenden mitgeteilten neuen Ergebnisse werde ich ausführlich im 21. oder 22. Band der „Indogermanischen Forschungen“ handeln.

2) Ueber Associationsreaktionen, die auf optische Reizworte erfolgen. Ztschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane. XXVI (1904), 417 ff.

3) S. u. S. 20.

1. Die Reizworte riefen bestimmte geläufige, d. h. von mehreren oder den meisten Versuchspersonen bevorzugte Reaktionen hervor. Das lehrt z. B. die folgende Tabelle (I), welche die Adjektiva mit ihren bevorzugtesten Associationen enthält.<sup>1)</sup> Die dritte Kolumne  $H_1$  giebt an, wie oft unter acht Versuchspersonen die bevorzugteste Association eingetreten ist; die letzte Kolumne  $H_2$  giebt die entsprechende Zahl für 23 Versuchspersonen. Zu den Ergebnissen von  $H_1$  sind nämlich hinzugezählt diejenigen von Watt<sup>2)</sup> (acht Versuchspersonen), sowie die von mir mit sieben Versuchspersonen im Sommer 1905 erhaltenen Zahlen.

Tabelle I.

Reizwort	Bevorzugteste Association	$H_1$	$Z$	$z$	$H_2$
gross	klein	7	1,29	2,40	19
klein	gross	6	1,37	2,00	18
leicht	schwer	7	1,46	2,00	19
schwer	leicht	6	1,23	1,90	17
alt	jung	6	1,30	2,40	16
jung	alt	7	1,17	2,20	18
dick	dünn	7	1,26	2,00	18
dünn	dick	7	1,29	2,00	18
weiss	schwarz	7	1,63	1,60	16
schwarz	weiss	6	1,43	2,50	16

Diese und alle anderen Versuchsreihen zeigen ein typisches associatives Verhalten der verschiedensten Versuchspersonen: die Summe von  $H_1$  ergiebt, dass 82,5% der Reaktionen (66 von 80 Versuchen) den typischen oder geläufigen Asso-

1) Sie entspricht in Kolumne 1—5 der Tabelle VII bei Thumb und Marbe a. a. O. S. 27; die letzte Kolumne ist neu hinzugefügt.

2) Die Darbietung von Wortbildern (optischen Reizen) ergab die gleichen Associationen.

ciationen angehören; die Summe von  $H_2$  beträgt 76 % aller (230) Versuche. Man darf also sehr wohl von einer Allgemeingiltigkeit gewisser Associationen sprechen. Tatsächlich zeigen denn auch die verschiedensten Sprachen Analogiebildungen, die in der Association von Adjektiven gegensätzlicher Bedeutung ihre Erklärung finden. Der Sprachforscher muss dabei die Voraussetzung machen, dass die zu grunde liegenden Associationstendenzen nicht nur vereinzelt, sondern mit einer gewissen Geläufigkeit in einer Sprachgemeinschaft auftreten, sonst würde die entsprechende sprachliche Störung sich nur als gelegentliche Form des Versprechens (*verdum pft*), nicht aber als generelle Analogiebildung (*grevis* statt *gravis* noch *levis*) äussern.

2. Aus Tabelle I ergibt sich ferner, dass die durchschnittliche (in Sekunden angegebene) Zeit der bevorzugtesten Associationen (Kolumne *Z*) kürzer ist als die Dauer aller übrigen (vereinzelt) Associationen (Kolumne *z*). Zwischen Geläufigkeit (Anzahl gleicher Associationen unter *n* Versuchspersonen) und Associationszeit besteht eine wichtige funktionelle Beziehung: je geläufiger eine Association ist, desto kürzer ist die durchschnittliche Zeit, in der sie hervorgerufen wird, und zwar nimmt die Associationsdauer bei zunehmender Geläufigkeit zuerst sehr schnell, dann immer langsamer ab; vergl. im einzelnen die Tabelle und Kurve bei *Thumb* und *Marbe* S. 46. Auch dieses Resultat ist sprachpsychologisch bedeutsam: man erwartet nicht nur, dass die sprachlich wirksamen Associationstendenzen bei einer Mehrheit von Sprechenden sich zeigen, sondern auch, dass sie beim einzelnen Individuum so schnell wirken, dass sie eine Störung des innervierten Wortes hervorrufen können.

Bis zu diesem Punkt waren die Untersuchungen gediehen, die im Jahre 1901 veröffentlicht worden sind. Den Anlass zu einer neuen Fragestellung und zu neuen Versuchen gab eine Arbeit von *A. Mayer* und *J. Orth*, die sich auf Veranlassung *Marbe's* mit der qualitativen Untersuchung des

Associationsvorgangs beschäftigt<sup>1)</sup>. Hierbei wurde festgestellt, dass sich die Associationen nach den Erlebnissen, die damit verknüpft sind, in drei Gruppen (Associationstypen) teilen lassen:

1. spontane Wortassociationen, bei denen sich die Reaktion sozusagen mechanisch und unmittelbar, d. h. ohne jedes besondere Erlebnis an das Reizwort anschloss; ich bezeichne sie mit *Ra*;

2. Wortassociationen mit begleitenden Gesichts- und andern Vorstellungen (*Rb*);

3. vermittelte Associationen, bei denen zwischen Reiz- und Reaktionswort irgend ein Erlebnis (z. B. eine visuelle Vorstellung, ein Gefühl) eingeschaltet war (*Rc*).

Die vermittelten Associationen zeigen eine durchschnittlich längere Zeitdauer als die spontanen Associationen; die einzelnen Individuen bevorzugen gewöhnlich einen Associationstypus, ohne jedoch des anderen zu entbehren.

Wie verhalten sich nun die sprachlich wirksamen, d. h. die geläufigen Associationen hinsichtlich dieser eben genannten Eigenschaften des Associationsvorgangs? A priori ist wieder zu erwarten, dass nur reine Wort-Associationen (*Ra*), die sich unmittelbar und automatisch an das Reizwort anschliessen, eine störende Wirkung auf das innervierte Wort ausüben. Die Versuche, welche zu diesem Zweck Sommer 1905 mit sieben Versuchspersonen ausgeführt wurden, stimmten durchaus zu dieser Voraussetzung: die geläufigen Associationen gehören vorzugsweise dem Typus *Ra*, die vereinzelter Associationen vorzugsweise dem Typus *Rc* an, was man unmittelbar aus Tabelle II ersehen kann; die Zahlen geben an, in wie vielen Fällen jeweils bei den geläufigsten und

---

1) Zur qualitativen Untersuchung der Association. Ztschr. für Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane. XXVI. 1901. 1 ff.

den vereinzeltten Associationen der Typus *Ra* oder *Rc* vertreten war.<sup>1)</sup>

Tabelle II.

Reizwort	A Gesamtzahl der geläufigsten Associationen		B Anzahl der vereinzeltten Associationen	
	<i>Ra</i>	<i>Rc</i>	<i>Ra</i>	<i>Rc</i>
Verwandtschaftswörter	19	15	4	14
Adjektiva	28	6	1	3
Pronomina	8	1	3	7
Adverbia	7	5	4	3
Zahlwörter	28	4	5	11
Verba	19	12	7	8
Summe	109	43	24	46

Die geläufigsten Associationen bevorzugen also um das 2,5fache den Typus *Ra* vor *Rc*, die vereinzeltten Associationen dagegen um das 1,9fache den Typus *Rc* vor *Ra*: das Verhältnis dreht sich zwischen beiden Gruppen völlig um.

Nachdem wir für die sprachlich wirksamen Associationen die Eigenschaften der Geläufigkeit, relativen Schnelligkeit und Spontanität festgestellt haben, können wir die Disposition eines Wortes zu einer Analogiebildung oder die 'Analogiebildende' Kraft (*A*) in einer Sprachgemeinschaft von *n* Individuen (also *A<sub>n</sub>*) als Funktion jener drei Eigenschaften definieren, in denen sich die Festigkeit der associativen Verbindung zweier Wörter ausprägt. Diese Festigkeit ist demnach ein Mass für *A<sub>n</sub>*; *A<sub>n</sub>* kann daher in folgender Weise gemessen werden:

1) Die Klangassociationen sind hier weggelassen; auch der Typus *Rb* bleibt unberücksichtigt. Wegen dieser Dinge und anderer Einzelheiten muss ich auf meine ausführlichere Publikation verweisen.

$$1. \quad A_n = \frac{H}{n},$$

worin  $H$  die Anzahl der geläufigsten Associationen unter  $n$  Individuen bedeutet. Je mehr  $H$  wächst, desto grösser wird die Disposition zu einer Analogiebildung; der günstigste Wert wird erreicht, wenn  $H = n$  wird, dann ist  $A_n = 1$ .

$$2. \quad A_n = \frac{1}{Z},$$

wobei  $Z$  die durchschnittliche Dauer der geläufigsten Association bedeutet. Je schneller im Durchschnitt eine Association eintritt, desto leichter kann sie das 'Reizwort' beeinflussen.

Wenn wir statt  $\frac{1}{Z}$  den Bruch  $\frac{1}{Z+1}$  einsetzen<sup>1)</sup>, so nähert sich der Grenzwert von  $A_n$  mit der Abnahme von  $Z$  ebenfalls immer mehr dem Werte 1.

$$3. \quad A_n = \frac{Ra}{H},$$

worin  $Ra$  die Anzahl der entsprechenden geläufigsten und zugleich spontanen Associationen,  $H$  die Anzahl der im Ganzen vorkommenden geläufigsten Associationen bezeichnet. Der günstigste Fall (Grenzwert = 1) tritt ein, wenn  $Ra = H$  ist; wird aber  $Ra = 0$ , so wird  $A_n = 0$ : in diesem Falle wäre überhaupt keine Neigung zur Analogiebildung vorhanden.

4. Das Zeitmoment (Nr. 2) kann mit dem Auftreten von  $Ra$  kombiniert werden; eine Störung des innervierten Wortes wird umso leichter eintreten, je schneller dasselbe eine spontane Wort-Association hervorruft. Dem entspricht die Formel

$$A_n = \frac{Ra}{H \cdot z},$$

worin  $z$  die durchschnittliche Dauer der Associationen  $Ra$  bezeichnet. Auch hier nähert sich der Wert des Bruches immer

---

1) Darauf machte mich Herr Professor Richarz in der Diskussion des Vortrages aufmerksam.

mehr dem Werte 1, je kleiner  $z$  und je grösser  $Ra$  wird (vgl. den Grenzwert 1 bei Nr. 3).

Die Anwendung von Formel 4 ergibt z. B. bei den Versuchspersonen von Tabelle II für die Association

Vater — Mutter 0,69

Mutter — Vater 0,76

Base — Vetter 0,24

Die Wahrscheinlichkeit des Effektes, dass die Worte Vater, bzw. Mutter durch das entsprechende Associationswort beeinflusst werden, ist also für unsere Versuchspersonen rund dreimal so gross als das Eintreten einer Störung des Wortes Base durch die Association Vetter. Wie weit die Formeln durch mathematische Operationen umgestaltet werden müssen, um empirisch richtige Zahlen und Zahlenverhältnisse zu ergeben, bleibt künftiger Prüfung vorbehalten. Das gilt auch von einigen anderen Problemen, die sich mir aus den bisherigen Untersuchungen ergeben haben, aber noch der experimentellen Bearbeitung harren.

So kann man z. B. die Frage aufwerfen, wie weit die im Experiment gegebene psychologische Konstellation sich der des natürlichen Sprechens nähert, und ob eventuell eine besondere Versuchsanordnung der natürlichen Konstellation noch mehr genähert werden kann. Wenn wir sprechen, ist unsere Aufmerksamkeit nicht wie beim Experiment auf die Tätigkeit des Associierens gerichtet; wir sind vielmehr durch den Gesprächsstoff davon abgelenkt. Wie sich die 'normalen' Associationen (bei der üblichen Versuchsanordnung) zu den unter dem Einflusse der Ablenkung gewonnenen Associationen verhalten, zeigen die Versuche von Jung und Ricklin<sup>1)</sup>, die mit 38 Versuchspersonen im ganzen 12400 Associationen lieferten. Die Ablenkung wurde in der Weise erreicht, dass

---

1) Diagnostische Associationsstudien. I. Journ. f. Psychol. und Neurologie. III. und IV.

die Versuchsperson gleichzeitig mit Metronomschlägen (60, später 100 in jeder Minute) Bleistiftstriche von etwa 1 cm Länge zu machen hatte. Das Ergebnis war: „Die hochwertigen inneren Associationen treten in der Ablenkung zurück gegenüber den zunehmenden äusseren Associationen“ (a. a. O. IV, 45). Mit anderen Worten, d. h. im Sinne meiner Anschauungen, heisst das: die mechanischen, rein sprachlichen Reaktionen nehmen bei Ablenkung der Aufmerksamkeit zu. Diese Zunahme erhellt aus Tabelle III; ich beschränke mich hier auf die bei männlichen Versuchspersonen erzielten Resultate.

Tabelle III.  
(Die Zahlen geben Prozente an.)

Art der Association	Ungebildete		Gebildete	
	normal	äussere Ablenkung	normal	äussere Ablenkung
Sprachlich-motor. Form <sup>1)</sup>	24,0	28,8	34,2	39,0
Gleiche gramm. Kat.	59,5	66,1	49,1	55,5
Gleiche Silbenzahl	39,0	46,95	35,0	43,7
Klang	0,6	1,1	1,9	5,9
Reim	—	0,95	0,6	1,1

Die Associationen rein sprachlicher Art, welche allein für das Problem der Analogiebildungen in Betracht kommen, nehmen demnach bei einer psychologischen Konstellation zu, die sich der Konstellation des natürlichen Sprechens mehr nähert als es beim üblichen Associationsversuch der Fall ist. Aus der Arbeit von Jung und Ricklin ist nicht zu entnehmen, ob das Auftreten des Associationstypus *Ra* und das Auftreten 'geläufiger' (typischer) Associationen durch die Ablenkung beeinflusst bzw. begünstigt wird; das letztere ist anzunehmen, muss aber noch experimentell geprüft werden.

1) Darunter verstehen die Verfasser Associationen wie dunkel—hell, Krieg—Frieden, also solche, die von mir reine Wortassociationen genannt werden.

Wie die geläufigen und spontanen Wortassociationen zustande kommen, ist eine Frage für sich. Dass die Wortassociationen erst allmählich mit der zunehmenden Herrschaft über die Sprache ihre Festigkeit (Geläufigkeit, Schnelligkeit und Spontaneität) erreichen, zeigt ein Vergleich mit der Associationstätigkeit des Kindes. Ich begnüge mich mit einer kurzen Andeutung: der Anteil von fünf Kindern an den geläufigsten Associationen betrug 29%, der von drei Erwachsenen dagegen 74%; die mittlere Zeitdauer der geläufigsten Associationen war bei den fünf Kindern 2,72, bei den drei Erwachsenen 0,96 Sekunden<sup>1)</sup>; auch Ziehen<sup>2)</sup> stellte für Kinder längere Associationszeiten fest und beobachtete ausserdem eine allgemeine Beschleunigung der Associationstätigkeit mit zunehmendem Alter der Kinder.<sup>3)</sup> Diese psychologischen Tatsachen geben die Möglichkeit, einer Frage in exakter Weise näher zu treten, die von Sprachforschern öfter aufgeworfen wurde: ob die Umbildung der Sprache im Uebergang von einer Generation zur anderen, d. h. in der aufwachsenden jungen Generation stattfindet. Was die Gruppe von Analogiebildungen betrifft, die wir im Vorstehenden zum Ausgangspunkt gewählt haben, so ist die Frage zu verneinen: denn den zugrundeliegenden kindlichen Associationen fehlen die Eigenschaften, welche wir für das Zustandekommen von sogen. Kontaminationsbildungen voraussetzen haben.

Nachdem wir die sprachlich wirksamen Associationen hinsichtlich einiger wichtigen Eigenschaften analysiert haben, kann endlich noch gefragt werden, ob durch das Experiment künstlich Analogiebildungen erzeugt werden können: durch eine experimentelle Synthese der bei der Analyse gewonnenen

---

1) Diese Zahlen sind aus den Tabellen von J. Watt (s. o.) berechnet.

2) Die Ideenassociation des Kindes. 2 Teile. Berlin 1898. 1900.

3) a. a. O. II. 51 ff. Herr Professor Schenck macht mich darauf aufmerksam, dass überhaupt beim Kinde die nervösen Leitungsbahnen weniger als beim Erwachsenen 'eingeübt' sind.

Faktoren könnte vor allem untersucht werden, in welcher absoluten und relativen Stärke die einzelnen Eigenschaften einer sprachlich wirksamen Association vorhanden sein müssen, um einen sprachlichen Effekt hervorzurufen; hierbei würden die oben genannten Formeln eine wichtige Rolle spielen. Weitere Bedingungen für das Eintreten einer Analogiebildung würde man vermutlich exakt nachweisen können (so z. B. den Einfluss der Lautform). Eine Versuchsanordnung, durch welche künstliche Analogiebildungen zu erzielen sind, ist zu finden; Wortgebilde des 'Versprechens', die gelegentlich bei Associations- und andern Versuchen sich eingestellt haben, zeigen das. So hat z. B. J. Watt<sup>1)</sup> seinen Versuchspersonen unter anderm die Aufgabe gestellt, zu einem Begriff einen untergeordneten Begriff anzugeben; da in diesem Falle leicht zwei Wortvorstellungen sich ins Bewusstsein drängten und mit einander kämpften, so ergaben sich bisweilen „Interferenzwirkungen“, d. h. sprachliche Kontaminationen vom Typus verdumpft oder grevis; vergl.

Zimmer: Tusch = Tisch × Stuhl

Kloster: Nönch = Nonne × Mönch

Haus: Stür = Türe × Stuhl

Eine Versuchsordnung, die auf die Erzeugung künstlicher Kontaminationen ausgeht, wird gut tun, mit einem sprachlich völlig neutralen Material, d. h. mit künstlichen Lautgebilden zu operieren; denn die Wortformen der Muttersprache sind bereits in ihrem associativen Verhalten bestimmt, d. h. mit anderen Wortformen associativ verknüpft — ein Umstand, der die quantitative und qualitative Untersuchung der künstlich hervorgerufenen sprachlichen Störung erschweren würde.

---

1) Experimentelle Beiträge zu einer Theorie des Denkens. Arch f. d. gesamte Psychol. IV. 289 ff.

In derselben Sitzung berichtete Herr A. Wigand:

### Ueber die Abhängigkeit der spezifischen Wärme $c_p$ der Gase vom Druck.

Beim eingehenderen Studium der spezifischen Wärme hat bisher mehr ihre Temperaturabhängigkeit im Vordergrunde des Interesses gestanden. Ihre Abhängigkeit vom Drucke ist aber nicht weniger wichtig. Wenn auch wegen der grösseren experimentellen Schwierigkeiten erst verhältnismässig wenige direkte Untersuchungen vorliegen, so ist es doch mit Hilfe der Thermodynamik bereits möglich, die vorliegenden Verhältnisse zu übersehen. Bei den Gasen lassen sich Theorie und Experiment sogar quantitativ mit einander vergleichen.

Durch Anwendung der beiden Hauptsätze der Thermodynamik wird die folgende für beliebige Körper gültige Gleichung hergeleitet<sup>1)</sup>:

$$\frac{\partial c_p}{\partial p} = - \frac{T}{J} \frac{\partial^2 v}{\partial T^2} \dots \dots \dots (1)$$

Hierin bedeutet  $c_p$  die spezifische Wärme bei konstantem Drucke,  $p$  den Druck,  $v$  das Volumen,  $T$  die absolute Temperatur und  $J$  das mechanische Wärmeäquivalent.

Eine analoge Gleichung gilt für die spezifische Wärme bei konstantem Volumen  $c_v$ <sup>2)</sup>:

$$\frac{\partial c_v}{\partial v} = \frac{T}{J} \frac{\partial^2 p}{\partial T^2} \dots \dots \dots (2)$$

---

1) G. Kirchhoff, Theor. d. Wärme 1894. p. 72, 79 und 87; R. Clausius, Mech. Wärmetheor. I. 1887. p. 186; M. Planck, Thermodynamik 1897. p. 115.

2) Clausius, l. c.; H. v. Helmholtz, Vorles. VI. 1903. p. 224.

Sie ist von M. Reinganum<sup>1)</sup> mittelst der experimentellen Daten von C. Dieterici für  $c_v$  und S. Young für  $\frac{\partial p}{\partial T}$  an Isopentan geprüft und bestätigt worden. Auch A. Witkowski<sup>2)</sup> hat diese Gleichung mit Erfolg benutzt, um seine Resultate für die thermische Ausdehnung und Kompressibilität der Luft mit den experimentell von Joly<sup>3)</sup> gefundenen Werten für  $c_v$  zu vergleichen.

Versuchen wir zunächst die Gleichung (1) auf die Gase anzuwenden. Bei einem idealen Gase ist  $v$  eine lineare Funktion der Temperatur. Also folgt aus der Gleichung (vgl. Kirchhoff, l. c. p. 73—74), dass hier  $c_p$  unabhängig ist vom Drucke:

$$\begin{aligned}v &= aT \\ \frac{\partial^2 v}{\partial T^2} &= 0 \\ \frac{\partial c_p}{\partial p} &= 0 \quad . . . . . (3)\end{aligned}$$

Diese Beziehung wird, zusammen mit der Unabhängigkeit der spezifischen Wärme vollkommener Gase von der Temperatur, als „Regnaultsches Gesetz“ bezeichnet und bestätigt sich in dem Maasse durch die experimentellen Resultate, als die betreffenden verdünnten Gase dem Mariotte-Gay-Lussacschen Gesetze gehorchen.

Exakt ist das Regnaultsche Gesetz jedoch nicht gültig. Der Wert von  $\frac{\partial^2 v}{\partial T^2}$  ist im allgemeinen von null verschieden und gestattet daher auf grund der Gleichung (1) einen Schluss auf die Aenderung der spezifischen Wärme bei konstantem Drucke  $c_p$  mit dem Drucke  $p$ .

1) M. Reinganum, Drudes Ann. 18. p. 1008. 1905.

2) A. Witkowski, Journ. de Phys. (3) 5. p. 123. 1896; vgl. auch E. H. Amagat, Journ. de Phys. (3) 5. p. 114. 1896; S. Valentiner, Drudes Ann. 15. p. 74. 1904.

3) Joly, Phil. Transact. London, vol. 182, 185. A.

Die Grösse von  $\frac{\partial^2 v}{\partial T^2}$  für eine Substanz ist allgemein gegeben durch die Aenderung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten mit der Temperatur. Für das Volumen  $v$  bei einer beliebigen Temperatur  $t^0$  gilt die empirische Gleichung:

$$v = v_0 \cdot f(t) = v_0 (1 + \alpha t + \beta t^2 + \dots), \quad \dots \quad (4)$$

worin  $v_0$  das Volumen bei  $0^0$  ist. Bezieht man die Gleichung auf die Gewichtseinheit der Substanz, so ist:

$$\frac{1}{v_0} = d_0, \quad ,$$

gleich der Dichte bei  $0^0$  bezogen auf Wasser.

Durch Differentiation der Gleichung (4) folgt:

$$\frac{\partial v}{\partial t} = v_0 \cdot \frac{\partial f}{\partial t} = v_0 (\alpha + 2\beta t + \dots)$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = v_0 \cdot \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = v_0 (2\beta + \dots)$$

$\frac{\partial f}{\partial t}$  ist der „wahre kubische Ausdehnungskoeffizient“. Sehen wir in der Reihenentwicklung der Funktion  $f$  von den Gliedern höherer als zweiter Ordnung ab, so wird:

$$\frac{\partial^2 v}{\partial T^2} = \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = 2 v_0 \cdot \beta \quad \dots \quad (5)$$

Die empirische Konstante  $\beta$  ist also das Maass für  $\frac{\partial^2 v}{\partial T^2}$ . Die Gleichung (1) lautet alsdann:

$$\frac{\partial c_p}{\partial p} = - \frac{2T v_0}{J} \cdot \beta = - \frac{2T}{J d_0} \cdot \beta \quad \dots \quad (6)$$

Zur qualitativen Bestätigung bei nicht-idealen Gasen liegen zahlreiche experimentelle Daten vor. Durchweg nimmt hier, wenn man sich nicht dem kritischen Zustand allzusehr nähert, der Ausdehnungskoeffizient mit steigender Temperatur ab, und die spezifische Wärme

wächst, wie es die Gleichung verlangt, mit steigendem Drucke.

Die Ausdehnungskoeffizienten der Tabelle I sind den Tabellen von Landolt-Börnstein-Meyerhoffer, 1905, p. 215—216, entnommen, ohne dass jedoch durch die hier zitierten Werte das vorhandene experimentelle Material erschöpft wäre.

Tabelle I.

Name des Gases	Temperatur	Druck	mittlerer Ausdehnungskoeffizient (bei konst. Druck)	Beobachter
Stickstoff N <sub>2</sub>	0 bis 20°	1002 mm	0,0036770	Chappuis
	0 " 40°	" "	0,0036750	"
	0 " 100°	" "	0,0036732	"
Kohlensäure CO <sub>2</sub>	0 " 20°	518 "	0,0037128	"
	0 " 40°	" "	0,0037100	"
	0 " 100°	" "	0,0037073	"
	0 " 64°	12988 "	0,005136	Andrews
	64 " 100°	" "	0,004747	"
Schweflige Säure SO <sub>2</sub>	25°	760 "	0,00394	Amagat
	50°	" "	0,003846	"
	100°	" "	0,003757	"
	200°	" "	0,003695	"
	250°	" "	0,003685	"
Wasserdampf H <sub>2</sub> O	0 bis 141°	" "	0,004189	Hirn
	0 " 162°	" "	0,004071	"
	0 " 200°	" "	0,003938	"
	0 " 247°	" "	0,003799	"

Nach Versuchen von Lussana<sup>1)</sup> ändert sich  $c_p$  bei einigen Gasen bis zu Drucken von 34 Atmosphären annähernd proportional dem Drucke, sodass man setzen kann:

1) S. Lussana, nuovo Cimento (3) 36. p. 134—139. 1894.

$$c_p = c_{p_1} + \gamma (p - 1).$$

$$\text{Also: } \frac{\partial c_p}{\partial p} = \gamma.$$

Hier ist  $c_{p_1} = c_p$  für  $p = 1$  Atmosphäre,  $\gamma$  der Druckkoeffizient bei Zunahme des Druckes um eine Atmosphäre. Die Konstante  $\gamma$  ist stets positiv und nimmt für verschiedene Gase, nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgerechnet, die in der Tabelle II verzeichneten Werte an.

Tabelle II.

Name des Gases	Temperatur (in Centigr.)	Druck (in Atmosph.)	$c_{p_1}$	$dc_p = \gamma$ (für $dp = 1$ Atm.)
Luft	24 bis 94	6,45 bis 32,52	0,23707	0,00150
Wasserstoff H <sub>2</sub>	25 „ 95	6,66 „ 32,95	3,4025	0,0133
Methan CH <sub>4</sub>	26 „ 95	7,16 „ 33,31	0,5915	0,0035
<b>Kohlensäure CO<sub>2</sub></b>	<b>26 „ 95</b>	<b>7,41 „ 34,01</b>	<b>0,20130</b>	<b>0,00192</b>
Aethylen C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	11 „ 95	5,60 „ 29,14	0,40387	0,00160
Stickoxydul N <sub>2</sub> O	26 „ 95	7,25 „ 34,31	0,22480	0,00184

Die Resultate von Lussana<sup>1)</sup> für  $c_p$  und von Chappuis<sup>2)</sup> und Andrews<sup>3)</sup> für den Ausdehnungskoeffizienten bei Kohlensäure reichen auch zur quantitativen Prüfung der Gleichung (6) aus. Zu dem Zwecke wurde die Aenderung von  $c_p$  bei einer Druckzunahme von einer Atmosphäre auf Grund der Formel (6) berechnet:

$$dc_p = - \frac{2T\beta}{Jd_0} \cdot 1 \text{ Atm.} = - \frac{2(273 + t) \cdot \beta \cdot 1,013 \cdot 10^6}{4,184 \cdot 10^7 \cdot d_{0,p}},$$

wobei ein den Versuchen von Lussana entsprechendes Tem-

1) S. Lussana, l. c.

2) P. Chappuis, Trav. et Mém. du Bur. intern. des Poids et Mes. 13. 190. 1903; Fortschr. d. Phys. 60. II. p. 634. 1904.

3) Th. Andrews, Proc. Roy. Soc. 24. 455. 1876; Phil. Mag. (5) 3. 63. 1877.

peratur- und Druckintervall ausgewählt wurde. Aus den experimentell gefundenen „mittleren Ausdehnungskoeffizienten“ ( $\alpha'_{t-t'}$ ) findet man die Grösse von  $\beta$ , indem man  $\alpha$  aus zwei Gleichungen von der folgenden Form eliminiert<sup>1)</sup>:

$$\alpha'_{t-t'} = \frac{v_{t'} - v_t}{v_0 (t' - t)} = \alpha + \beta (t' + t).$$

Die Dichte  $d_0$  der Kohlensäure für die betreffenden Drucke  $P$  (in Atmosphären) ergab sich aus den Werten von Rayleigh und Leduc<sup>2)</sup> nach der Formel:

$$d_{0,P} = 1,52892 \cdot 0,0012928 \cdot P.$$

Tabelle III.

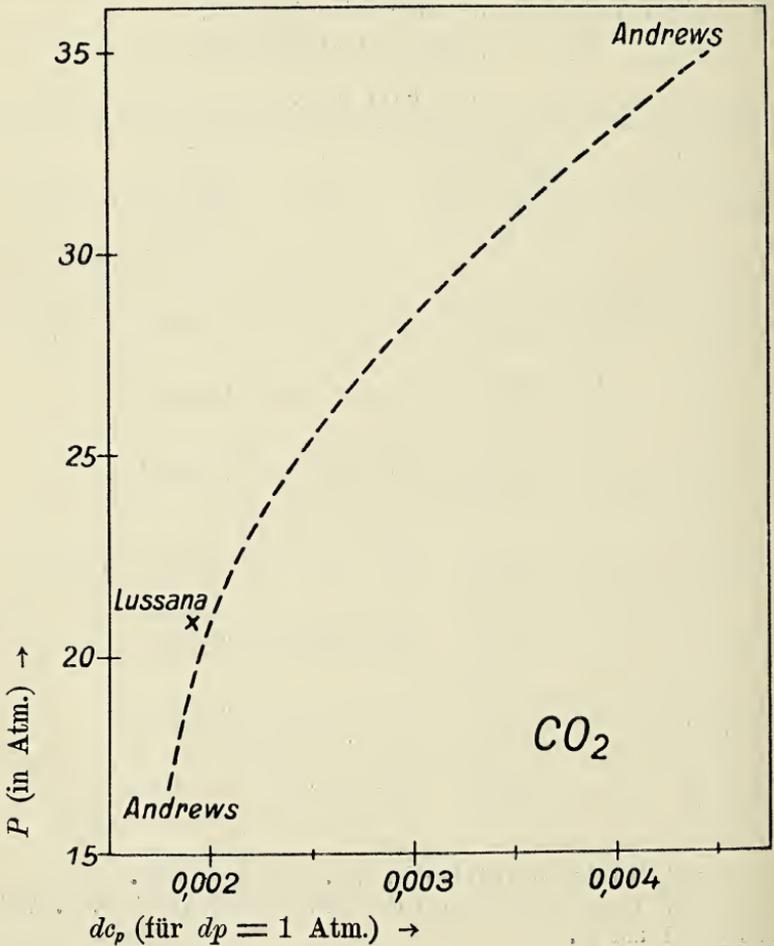
Druck P Atm.	Temperatur t°	mittlerer Ausdehnungs- koeffizient (bei konst. Druck P) $\alpha'$	$\beta$	$d_{c_p}$ berechnet für $d_p =$ 1 Atm.	Beobachter
0,682	0 bis 40	0,00370995	} -0,0437 · 10 <sup>-6</sup>	+0,00048	Chappuis
	40 „ 100	0,00370733			
1,313	0 „ 40	0,00375359	} -0,2103 · 10 <sup>-6</sup>	+0,00121	„
	40 „ 100	0,00374097			
1,812	0 „ 40	0,00379064	} -0,3385 · 10 <sup>-6</sup>	+0,00141	„
	40 „ 100	0,00377033			
17,09	0 „ 64	0,005136	} 3,89 · 10 <sup>-6</sup>	+0,00184	Andrews
	64 „ 100	0,004747			
22,26	0 „ 64	0,005811	} 5,88 · 10 <sup>-6</sup>	+0,00213	„
	64 „ 100	0,005233			
27,69	0 „ 64	0,006737	} -10,07 · 10 <sup>-6</sup>	+0,00294	„
	64 „ 100	0,005730			
34,49	0 „ 64	0,008450	} -18,76 · 10 <sup>-6</sup>	+0,00440	„
	64 „ 100	0,006574			

1) vgl. Müller-Pouillet II. 2. p. 47. 9. Aufl. 1898.

2) vgl. Landolt-Börnstein-Meyerhoffer, Tab. 3. Aufl. 1905. p. 223 und 11.

Die berechneten Werte für  $dc_p$  in dieser Tabelle stimmen mit dem beobachteten Mittelwerte von Lussana (Tab. II) in Vorzeichen und Grössenordnung überein, was bei den Schwierigkeiten der genauen Messung dieser kleinen Grössen immerhin befriedigend ist.

Nimmt man für den Lussanaschen Wert ( $dc_p = 0,00192$ ) das Mittel aus den Grenzen des ihm zukommenden Druckintervalles (20,7 Atm.), so wird er durch das nach Andrews für denselben Druck interpolierte  $dc_p$  gut bestätigt; vgl. die graphische Darstellung.



Es zeigt sich nach der Berechnung deutlich, dass  $dc_p$  mit steigendem Drucke wächst, dass also  $\frac{\partial^2 c_p}{\partial p^2}$  positiv sein wird.

Von Lussana wird ein solches Verhalten allerdings durch die erwähnten Versuche nicht bestätigt, wohl aber durch andre Versuche bei  $79^\circ$  und Drucken bis zu 87 Atmosphären<sup>1)</sup>. Die Werte von Chappuis schliessen sich nicht direkt an die Andrewsschen an, da die zugehörigen Temperaturen verschieden sind.

Eine ähnliche Berechnung auf grund der Gleichung (1) hat A. Witkowski<sup>2)</sup> für Luft ausgeführt, indem er aus seinen experimentell gefundenen Werten für die thermische Ausdehnung die Werte von  $c_p$  bei verschiedenen Temperaturen und Drucken mittelst graphischer Methoden berechnete. Er bemerkt, dass Lussana eine ähnliche Aenderung von  $c_p$  mit dem Drucke direkt gefunden habe. Für Wasserdampf sind die fraglichen Verhältnisse eingehend im Münchener Laboratorium für technische Physik<sup>3)</sup> untersucht worden. Durch die Versuche von O. Knoblauch, R. Linde, H. Klebe und M. Jakob liegen die Daten für Druck, Temperatur und Volumen sowie für die spezifische Wärme  $c_p$  des überhitzten Wasserdampfs mit genügender Sicherheit vor, so dass die thermodynamischen Gleichungen auch hier gut bestätigt werden.

Wendet man die Gleichung (1) auf Flüssigkeiten und feste Körper an, so findet man, dass die Verhältnisse

---

1) S. Lussana, nuovo Cimento (3) 36. p. 5, 70, 130. 1894; (4) 2. p. 327. 1895; (4) 3. p. 92. 1896; vgl. auch A. Winkelmann, Handb. d. Phys. III. 1906. p. 230—231.

2) A. Witkowski, Journ. de Phys. (3) 5. p. 123. 1896; vgl. auch A. Winkelmann, l. c.

3) O. Knoblauch, R. Linde, H. Klebe und M. Jakob, Mitteil. ü. Forschungsarb. a. d. Geb. d. Ingenieurwesens 21. p. 57. 1905; 35, 36. p. 109. 1906; Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 49. 1905; Sitzungsber. d. mathem.-phys. Klasse d. Kgl. Bayr. Akad. d. Wiss. 35. p. 441. 1905. Dasselbst auch weitere Zitate betr. die spez. Wärme  $c_p$  des Wasserdampfs.

im allgemeinen umgekehrt sind<sup>1)</sup>. Da der Ausdehnungskoeffizient fast ausnahmslos mit steigender Temperatur wächst, so ist vorauszusehen, dass die spezifische Wärme mit steigendem Drucke abnehmen wird. Für Amylen ( $C_5 H_{10}$ ) ist dies bereits experimentell bestätigt; vgl. auch G. Kirchhoff, l. c. p. 79—80.

Unter Benutzung der Resultate von Joule und Thomson entwickelt Kirchhoff<sup>2)</sup> die Gleichung (1) in die folgende Form:

$$\frac{\partial c_p}{\partial p} = \frac{2c_p \alpha}{T^3} \dots \dots \dots (7)$$

$\alpha$  ist eine positive, für das betreffende Gas charakteristische empirische Konstante und stellt, dividiert durch das Quadrat der absoluten Temperatur, die Abkühlung dar, die das Gas infolge des Joule-Thomson-Effektes pro Atmosphäre Druckdifferenz erfährt. Sie lässt sich auch aus der van der Waalsschen Zustandsgleichung berechnen<sup>3)</sup>. Da die Grössen auf der rechten Seite der Gleichung (7) alle positiv sind, folgt also auch hieraus, dass sich  $c_p$  und  $p$  bei Gasen im gleichen Sinne ändern. Linde<sup>4)</sup> fand durch rationelle Ueberlegungen bei Wiederholung der Joule-Thomson'schen Versuche im grossen Stil, dass die spezifische Wärme  $c_p$  der Luft mit dem Drucke wachse, und zwar um so mehr, je niedriger die Temperatur ist.

1) Tabellen von Landolt-Börnstein-Meyerhoffer 1905. p. 198 ff. und 400.

2) G. Kirchhoff, l. c. p. 87; vgl. auch M. Planck, Thermodynamik 1897; p. 117.

3) J. D. van der Waals, Kontinuität d. gasförm. und flüss. Zustandes, deutsch von F. Roth, 1881. p. 112—116.

4) C. Linde, Wied. Ann. 57. p. 328. 1896.

Tabelle IV.

Name des Gases	$\alpha$ (nach Joule u. Thomson)	$p$ (in Atm.)	$t^{\circ}$	$c_p$	$\frac{dc_p}{d_p} =$ für 1 Atm. be- rechnet	$\frac{dc_p}{d_p} =$ für 1 Atm. be- obachtet
Kohlensäure	$1,39 \cdot 273^2$	7,41 bis 34,01	+ 60	0,2132 bis 0,2645	+ 0,00134	+ 0,00192
Luft	$0,28 \cdot 273^2$	6,45 „ 32,52	+ 59	0,2443 „ 0,2843	+ 0,00030	+ 0,00150

Tabelle IV enthält die nach Gleichung (7) für  $dc_p$  von Luft und Kohlensäure berechneten Werte neben den von Lussana (l. c.) beobachteten. Die Gleichung befindet sich also in einer den Ansprüchen genügenden Uebereinstimmung mit der Erfahrung, eine neue Bestätigung der Joule-Thomson'schen Messungen.

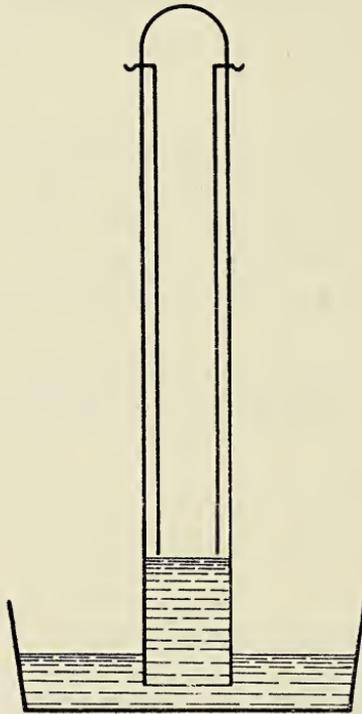
Immerhin ist die von empirischen Elementen freie Gleichung (1) für sicherer als die Gleichung (7) anzusehen.

Herr A. Wigand berichtete ferner:

### Ueber die Steigerung der katalytischen Wirkung des Platins auf die Knallgasvereinigung durch galvanische Polarisation.

Anknüpfend an einen Brief Wöhlers (Göttingen) an Buff (Giessen) aus dem Jahre 1869 habe ich eine Reihe von Versuchen gemacht, um die auch sonst schon vielfach beobachtete Tatsache weiter aufzuklären, dass die katalytische Kraft von blankem Platin bedeutend gesteigert wird, wenn man es zuvor als Elektrode in einer Wasserzersetzungs- zelle benutzt hat.

Von einer Mitteilung der einzelnen Versuche und ihrer Variationen soll vorläufig abgesehen werden, bis auch die quantitativen Verhältnisse genauer untersucht sind. Das Schema der Versuchsanordnung ist folgendes:



In einem Eudiometerrohr mit Elektroden aus blankem Platindraht oder Blech wird aus verdünnter Schwefelsäure Knallgas entwickelt, sodass sich die Elektroden schliesslich ganz in dem Gase befinden. Die Verbindung mit der Batterie wird unterbrochen. Man beobachtet dann während mehrerer Stunden ein allmähliches Steigen der Flüssigkeit, in der Regel bis zur vollständigen Bedeckung des Platins.

Erklärt wird diese Erscheinung dadurch, dass das Platin infolge der vorhergegangenen galvanischen Polarisation oberflächlich aufgelockert und intensiv mit Wasserstoff und Sauerstoff beladen ist. Die katalytische Wirkung auf die Knallgasvereinigung wird so in ähnlicher Weise gesteigert, wie wenn das Platin schwarz platiniert worden wäre. Gut gereinigtes und ausgeglühtes blankes Platin besitzt die katalytische Eigenschaft nur in geringem Maasse.

Aufgelegte Schriften:

- |                |   |                                 |
|----------------|---|---------------------------------|
| 1. Bergen      | Bergen Museum<br>Sars, Crustacea of Norway V 15 und 16 . . . . .  | 1906                            |
| 2. Boston      | The American Naturalist 40. und 41. Band,<br>Nr. 480 und 481 . . . . .  | 1906                            |
| 3. "           | Society of natur. history<br>a) Proceedings 32. Bd., Nr. 3—12 u. Tit.;<br>33. Bd., Nr. 1 u. 2<br>b) Occasional papers VII 4—7   | } 1905/6                        |
| 4. Chapel Hill | El. Mitchell scientific Society<br>Journal XXII, Nr. 3 . . . . .  |                                 |
| 5. Chur        | Naturf. Ges. Graubündens<br>Jahresbericht N. F., 48. Bd. . . . .  | 1906                            |
| 6. Dresden     | Ges. Isis<br>Sitzungsberichte 1906, Januar — Juni . . . . .   | 1906                            |
| 7. Granville   | (Ohio) Denison University<br>Bulletin of the scientific laboratories XIII 3 <sup>e</sup>  | 1906                            |
| 8. Halle a. S. | Kaiserl. Leop.-Car. Akademie<br>Leopoldina, 42. Heft, Nr. 12 u. Titel . . . . .   | 1906                            |
| 9. Helsingfors | I. Finska Vetenskaps-Societeten<br>a) Finlands Natur och Folk, 63. Heft . . . . .<br>b) Förhandlingar, 47. Heft . . . . .<br>II. Societas pro fauna et flora fennica<br>a) Meddelanden 1904/05 u. 1905/06 . . . . .<br>b) Acta 27 u. 28 . . . . . | 1905<br>1905<br>1906<br>1905/06 |
| 10. Karlsruhe  | Naturw. Verein<br>Verhandlungen, 19. Bd. . . . .  | 1906                            |
| 11. Lima       | Cuerpo de ingenieros de minas<br>Boletin, Nr. 40, 42 u. 43 . . . . .  | 1906                            |
| 12. Magdeburg  | Museum f. Natur- u. Heimatkunde<br>Abhandlungen, I. Bd., 2. u. 3. Heft . . . . .  | 1906                            |
| 13. Manchester | Lit. and phil. society<br>Memoirs and proceedings, 51. Bd., I . . . . .   | 1907                            |

14. Mannheim	Verein f. Naturkunde Jahresbericht Nr. 71 u. 72 . . . . .	1906
15. New-York	Public library Astor Lenox Bulletin X. Bd., Nr. 12 . . . . .	1906
16. "	Public library Bulletin XI., Nr. 1 . . . . .	1907
17. Philadelphia	Am. phil. Society Proceedings 45. Bd., Nr. 183 . . . . .	1906
18. "	Acad. of nat. sciences Proceedings 58. Bd., II, Mai—September 1906	1906
20. Pisa	Societa toscana et Atti. vol. XVI, Nr. 1 . . . . .	1906/07
21. Roma	Accad. dei Lincei Atti. 5. Ser., XV. Bd., 11 u. 12 u. XVI, 1	1906/07
22. "	Accademia dei Lincei Atti. XV. Bd., 10. Fasc., II. Tem. . . . .	1906
23. St. Louis Mo.	Missouri botanical gardeu Jahresbericht . . . . .	1906
24. Stuttgart	Zeitschrift f. Naturwissenschaften 78. Bd., 4. u. 5. Heft . . . . .	1907
25. Upsala	Entomol. föreningen i Stockholm Entomologisk tidskrift 1906, Heft 1 u. 4 . . . . .	1906
26. "	Geol. institution of the Univ. of Upsala Bulletin VII. Bd., Nr. 13 u. 14 . . . . .	1906
27. Urbana Ill.	Illinois state laboratory Bulletin VII. Bd., 6 u. 7 . . . . .	1906/07
28. Washington	U. St. geolog. Survey 1. Water-Supply and Irrigation Papes Nr. 155 156, 158—160, 162—164, 170, 172—181, 186 . . . . .	1906
	2. Bulletin Nr. 275, 277, 278, 280, 281, 282, 283—285, 288—293, 298, 301 . . . . .	1906
	3. Professional papes Nr. 50, 51 u. 55 in 4 <sup>o</sup>	1906
29. "	U. St. Naval observatory Synopsis of the report for 1905/06 . . . . .	1906
30. "	Smithsonian Miscell. Collections 49. Bd. Hodgkins Fund . . . . .	1906
31. Wien	Geol. Reichsanstalt Verhandlungen 1906, Nr. 11 u. 13 . . . . .	1906
32.	American Acad. of arts and sciences Proceedings Nr. 42—13 . . . . .	
33.	American Academy of arts and sciences Proceedings 42. Bd., 12 . . . . .	1906
34.	Zeitschrift f. Naturwissenschaften 78. Bd., 1905/06, Heft 1 u. 2 . . . . .	8. III. 1906
35. Cambridge	Museum of Comparative Zoology. Bulletin 43. Bd. . . . .	1906
"	Annual report . . . . .	1905/06

# Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der  
gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

---

---

Nr. 3

März

1907

---

---

Es sprach in der Sitzung vom 13. Februar 1907 Herr  
E. R. Neumann:

## Zum Problem der magnetischen Induktion in einer Kugel.

Man denke sich einen magnetisch polarisierbaren Körper gegeben, z. B. ein Stück weichen Eisens, den Inducenden, und ausserdem in seiner Nähe einen permanenten Magneten, d. h. einen Körper, in welchem die magnetische Fluida eine fest gegebne, unveränderliche Verteilung besitzen. Unter dem Einflusse dieses Magneten wird dann auch der Inducend die Eigenschaften eines Magneten annehmen, es wird in ihm eine gewisse magnetische Verteilung hervorgerufen, induciert werden. Diese Verteilung zu bestimmen — diese Aufgabe ist das Problem der magnetischen Induktion.

Die Theorie der vorliegenden Erscheinung ist von Poisson entwickelt. Die Grundannahme, auf welcher diese Theorie fusst, ist die, dass das magnetische Moment (pro Volumeinheit) an jeder Stelle der gesamten einwirkenden Kraft proportional und mit ihr gleichgerichtet ist, oder anders ausgedrückt, dass die Componenten  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  dieses Momentes

proportional den Componenten  $X, Y, Z$  der wirkenden Gesamtkraft sind:

$$1) \quad \alpha = x \cdot X, \quad \beta = x \cdot Y, \quad \gamma = x \cdot Z$$

Diese gesamte an einer Stelle  $x, y, z$  wirkende Kraft setzt sich nun aus zwei wesentlich verschiedenen Teilen zusammen, nämlich erstlich aus der von dem permanenten Magneten herrührenden Kraft und zweitens aus der Wirkung der im Körper selber inducierten, noch unbekanntenen Verteilung. Ich bezeichne das Potential der gegebenen Verteilung im permanenten Magneten, das sogenannte „inducierende Potential“ mit  $F(x, y, z)$  und das Potential der noch unbekanntenen, gesuchten Verteilung im Inducenden, das „inducierte Potential“ mit  $Q(x, y, z)$ ; dann werden wir also für (1) ausführlicher schreiben können:

$$2) \quad \alpha = -x \frac{\partial (F+Q)}{\partial x}, \quad \beta = -x \frac{\partial (F+Q)}{\partial y}, \quad \gamma = -x \frac{\partial (F+Q)}{\partial z}$$

Die Grösse  $x$  ist hier eine gegebene dem Material des Inducenden, also in unserem Beispiele dem Eisen charakteristische Konstante, die sogenannte Magnetisierungsconstante. — Da ferner  $F$  als das Potential des gegebenen permanenten Magneten als eine bekannte Funktion anzusehen ist, so ist durch diese Formeln (2) die Bestimmung der die gesuchte magnetische Verteilung charakterisierenden Momente  $\alpha, \beta, \gamma$  (und damit das ganze Problem der magnetischen Induktion) zurückgeführt auf die Bestimmung allein des inducierten Potentials  $Q$ .

Für diese Bestimmung von  $Q$  liefert nun die weitere Theorie folgende Anhaltspunkte: Es muss sich erstens  $Q$  darstellen lassen als das Potential einer auf der Körperfläche  $\sigma$  ausgebreiteten Massenbelegung:

$$3) \quad Q_p = \int \frac{\eta_\sigma d\sigma}{E_{\sigma p}},$$

und sodann müssen zweitens die normalen Ableitungen

von  $Q$  in allen Oberflächenpunkten  $s$  der folgenden charakteristischen Bedingung genügen:

$$4) \frac{\partial (F + Q)}{\partial \mathbf{N}_s} + (1 + 4\pi\kappa) \frac{\partial (F + Q)}{\partial \nu_s} = 0 \quad \left( \begin{array}{l} \mathbf{N} \text{ äussere, } \nu \text{ innere} \\ \text{Flächennormale} \end{array} \right)$$

Durch diese beiden Eigenschaften ist, wie sich zeigen lässt, das inducierte Potential  $Q$  eindeutig im ganzen Raume bestimmt.

Nunmehr wollen wir uns dem Spezialfalle zuwenden, dass der inducierte Körper eine Kugel ist (Radius  $R$ ). — In diesem Falle ist eine Lösung des Problems vermitteltst Kugelfunktionen seit langem bekannt; sie lässt sich etwa so aussprechen: Man entwickle die bekannten Werte, welche das induzierende Potential  $F$  auf der Oberfläche der Kugel besitzt, in eine nach Kugelfunktionen fortschreitende Reihe, wozu die Analysis ganz bestimmte Vorschriften liefert, und erhalte so:

$$5) \quad F_s = \sum_{n=0}^{\infty} Y_n(\mu_s, \varphi_s), \quad (\mu_s = \cos \vartheta_s)$$

dann hat das inducierte Potential  $Q$  z. B. in einem äusseren Punkte  $(r_a, \vartheta_a, \varphi_a)$  den Wert

$$6) \quad Q_a = - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{4\pi\kappa n}{(2n+1) + 4\pi\kappa n} \cdot \left(\frac{R}{r_a}\right)^{n+1} \cdot Y_n(\mu_a, \varphi_a),$$

und eine ähnliche Darstellung erhält man auch für  $Q$  in inneren Punkten; dabei ist stets  $\mu$  als Abkürzung für  $\cos \vartheta$  gebraucht, und  $\vartheta$  und  $\varphi$  haben die Bedeutungen von Poldistanz und geographischer Länge.

In dem einfachsten Falle, auf den wir uns auch weiterhin im Wesentlichen beschränken werden, in welchem die Induktion hervorgerufen wird durch einen einzelnen magnetischen Pol  $m$  ( $r_m = \rho, \vartheta_m = 0$ ), lautet diese Lösung folgendermassen: Es sind die Oberflächenwerte  $F_s$  des induzierenden Potentials. d. h. jetzt der reciproken Entfernung  $\epsilon$  von diesem Pole (noch mit der Polstärke  $m$  multipliciert):

$$5a) \quad F'_s = \frac{m}{E_s} = m \sum_{n=0}^{\infty} \frac{R^n}{\rho^{n+1}} P_n(\mu_s),$$

und daher das inducierte Potential in äusseren Punkten:

$$6a) \quad Q_a = -m \sum_{n=0}^{\infty} \frac{4\pi \kappa n}{(2n+1) + 4\pi \kappa n} \cdot \frac{R^{2n+1}}{\rho^{n+1} r_a^{n+1}} P_n(\mu_a)$$

Praktisch ist natürlich der hier gedachte Fall, in dem der permanente Magnet durch einen einzelnen Pol dargestellt wird, nicht realisierbar, da man sich einen einzelnen Magnetpol nie verschaffen kann. Gleichwohl dürfte dieser Specialfall (5a) ein besonderes Interesse deshalb beanspruchen, weil sich der Fall beliebiger inducierender Kräfte stets auf ihn zurückführen lässt, denn einmal kann man eben jeden Magneten als Aggregat einzelner Pole auffassen, andererseits aber spielt auch die Lösung des genannten Spezialfalles beim Probleme der magnetischen Induktion eine ähnliche Rolle, wie die Green'sche Funktion bei anderen Potentialproblemen<sup>1)</sup>. — Aber auch nicht einmal in diesem besonders einfachen Falle (5a) kann die in (6a) angegebene Lösung mittelst Kugelfunktionen recht befriedigen, da man von ihr aus schwerlich zu einer anschaulichen Interpretation des erhaltenen Resultates gelangt.

Nun gibt es aber noch eine ganz andere, weit allgemeinere Methode, das Problem der magnetischen Induktion zu lösen, die stets zum Ziele führt, welche Gestalt der inducierte Körper auch haben möge, und welcher Art auch die auf ihn wirkenden Kräfte sein mögen. Es lässt sich nämlich  $Q$  in einem beliebigen Raumpunkte  $p(x, y, z)$  stets durch folgende convergente Reihe darstellen:

$$7) \quad Q_p = \mathcal{J} V_p + \mathcal{J}^2 V_p' + \mathcal{J}^3 V_p'' + \dots,$$

wo  $\mathcal{J}$  ein mit der Magnetisierungsconstanten  $\kappa$  zusammenhängender positiver echter Bruch ist, nämlich die Bedeutung hat:

1) Vgl. F. Neumann, Vorlesungen über die Theorie des Magnetismus, Leipzig bei Teubner 1881, daselbst § 42, Seite 110—112.

$$8) \quad \mathcal{P} = \frac{2\pi x}{1 + 2\pi x}$$

Dabei bedeuten dann ferner  $V, V', V''$  gewisse von Belegungen der Oberfläche  $\sigma$  des inducierten Körpers herrührende Potentiale, zu denen man folgendermassen gelangt: Man sieht die Werte  $g_s = \frac{\partial F}{\partial v_s}$  der normalen Ableitungen des inducierenden Potentials  $F$  (noch mit dem Faktor  $\frac{1}{2\pi}$  versehen) an als den Ausdruck für Dichtigkeit einer auf  $\sigma$  ausgebreiteten Belegung; ihr Potential ist alsdann  $V$ , sodass also:

$$9) \quad V_p = \frac{1}{2\pi} \int_{\sigma} g_{\sigma} \frac{d\sigma}{E_{\sigma p}}, \quad \text{wo } g_s = \frac{\partial F}{\partial v_s}$$

Die normalen Ableitungen dieses Potentials haben nun bekanntlich verschiedene Werte, je nachdem man sie auf der inneren oder äusseren Seite der Fläche  $\sigma$  bildet. Da bezeichnen wir nun das arithmetische Mittel zwischen den innen und aussen gebildeten Ableitungen in einem Punkte  $s$  der Fläche mit  $g_s'$ ; dann ist  $\frac{1}{2\pi} g_s'$  die Dichtigkeit derjenigen Belegung von  $\sigma$ , deren Potential das obige  $V'$  bedeutet, also folgt:

$$9') \quad V_p' = \frac{1}{2\pi} \int_{\sigma} g_{\sigma}' \frac{d\sigma}{E_{\sigma p}}, \quad \text{wo } g_s' = \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{\partial V}{\partial v} \right)_{is} + \left( \frac{\partial V}{\partial v} \right)_{as} \right]$$

Ganz entsprechend denken wir uns nun von  $V'$  ausgehend ein weiteres Potential  $V''$  gebildet:

$$9'') \quad V_p'' = \frac{1}{2\pi} \int_{\sigma} g_{\sigma}'' \frac{d\sigma}{E_{\sigma p}}, \quad \text{wo } g_s'' = \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{\partial V'}{\partial v} \right)_{is} + \left( \frac{\partial V'}{\partial v} \right)_{as} \right]$$

u. s. w. f.

Nach diesem Verfahren kann man sich sovieler der  $V$ 's berechnen, als man wünscht, und damit  $Q$  nach (7) mit jeder beliebigen Genauigkeit bestimmen.

Diese Methode, welche also stets bei beliebig geformtem Inducenden und beliebigen inducierenden Kräften die Lösung des Problemcs liefert, ist nun freilich — wie meist sehr allgemeine Lösungen — zur Anwendung auf specielle Fälle wenig geeignet, weil die Potentiale  $V$ ,  $V'$ ,  $V''$  u. s. w. zu complicierte Bildungsgesetze befolgen — zum Mindesten aber erfordert die Anwendung der allgemeinen Lösung (7) auf jeden speciellen Fall ein besonderes Studium. — Im Falle der von einem einzelnen Pole inducierten Kugel, also in unserem obigen Falle (5a), ist es mir nun gelungen, aus jener allgemeinen Lösung ein sehr einfaches übersichtliches Resultat abzuleiten. Untersuchungen, die ich zu einem anderen Zwecke anstellte, und die ich bei anderer Gelegenheit zu veröffentlichen beabsichtige, führten mich auf die gerade zur Lösung des genannten Problems notwendigen Potentiale  $V$ ,  $V'$ ,  $V''$  u. s. w., und es gelang mir sie darzustellen als Potentiale gewisser linearer Massen, nämlich im Aussenraume von Belegungen derjenigen Linie, welche das Centrum  $c$  mit dem zum Pole  $m$  (nach dem Gesetz der reciproken Radien) conjugierten Punkte  $m'$  verbindet. Es ergab sich nämlich allgemein für  $V^{(n)}$  (wenn  $n \geq 1$  ist) folgende Darstellung:

$$10) V_a^{(n)} = \frac{m}{2\sqrt{q}} \int_0^{q'} \frac{1}{\sqrt{\xi}} \left\{ \frac{1}{n!} \left( \log \sqrt{\frac{q'}{\xi}} \right)^n - \frac{1}{(n-1)!} \left( \log \sqrt{\frac{q'}{\xi}} \right)^{n-1} \right\} \frac{d\xi}{E_{\xi a}}$$

und unter Benutzung derselben lässt sich dann die Reihe (7) für  $Q$  summieren. So gelangt man zu der Formel:

$$11a) Q_a = \frac{\left( -\vartheta \frac{R}{q} m \right)}{E_a'} + m \cdot \frac{\vartheta(1-\vartheta)}{2R} \int_0^{q'} \left( \frac{q'}{\xi} \right)^{\frac{1+\vartheta}{2}} \frac{d\xi}{E_{\xi a}} \quad \left( q' = \frac{R^2}{q} \right)$$

und damit zu folgendem, unserem Hauptresultate: *Es wirke auf eine homogene magnetisch polarisierbare Kugel (Radius  $R$ ) ein Pol  $m$  im Centralabstande  $q$  (inducierendes Potential  $F = \frac{m}{E}$ ). Alsdann kann man das Potential  $Q$  der in der*

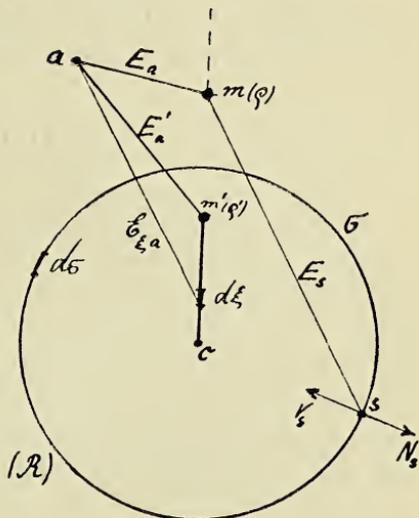
Kugel inducierten magnetischen Verteilung im ganzen Aussenraume als herrührend betrachten erstlich von einem magnetischen Massenpunkte

$$12) \quad m' = -\mathcal{P} \cdot \frac{R}{\varrho} \cdot m,$$

der sich in dem zum induzierenden Pole  $m$  conjugierten Punkte (also im Centralabstande  $\varrho' = \frac{R^2}{\varrho}$ ) befindet, und zweitens von einer auf der Linie  $\overline{cm'}$  ausgebreiteten Masse, deren lineare Dichtigkeit  $\lambda$  im Centralabstande  $\xi$  den Wert hat:

$$13) \quad \lambda(\xi) = m \cdot \frac{\mathcal{P}(1-\mathcal{P})}{2R} \left(\frac{\varrho'}{\xi}\right)^{\frac{1+\mathcal{P}}{2}} \quad \left(\mathcal{P} = \frac{2\pi\kappa}{1+2\pi\kappa}\right)$$

Nach bekannten Principien kann man dann (da sich ja  $Q$  nach (3) als Potential einer Kugelflächenbelegung auffassen lassen sollte) die Werte von  $Q$  in inneren Punkten  $i$  darstellen als Potential von Massen, die in dem zu  $m'$  conjugierten Punkte und auf der zu  $\overline{cm'}$  conjugierten Linie verteilt sind, d. h. also im Punkte  $m$  und auf der von  $m$  aus radial ins Unendliche laufenden (punktirt gezeichneten) Geraden.



Es folgt so:

$$11i) \quad Q_i = \frac{(-\mathcal{P}m)}{E_i} + m \cdot \frac{\mathcal{P}(1-\mathcal{P})}{2\varrho} \int_{\varrho}^{\infty} \left(\frac{\varrho}{\xi}\right)^{\frac{1-\mathcal{P}}{2}} \frac{d\xi}{E_{\xi i}}$$

Die magnetischen Momente  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  (pro Volumeinheit) liefern dann für jeden Punkt  $x$ ,  $y$ ,  $z$  innerhalb der Kugel

die Formel (2), womit das Problem der magnetischen Induktion als gelöst zu betrachten ist.

Dass das so durch die Formeln (11a) und (11i) für Punkte ausserhalb und innerhalb der Kugel bestimmte Potential  $Q$  tatsächlich der Bedingung (4) genügt, lässt sich nachträglich unschwer (vermittelst partieller Integration) beweisen. — Hier mögen an die angegebene Lösung des Problems nur noch einige kurze Bemerkungen geknüpft werden:

Wir haben oben das inducierte Potential  $Q$  im ganzen Aussenraume anzusehn gelernt als herrührend von einer gewissen fingierten Verteilung magnetischen Fluidums in einem Punkte und auf einer Linie. In bester Uebereinstimmung mit der allgemeinen Theorie ergibt sich, dass die Gesamtmasse dieser Verteilung den Wert 0 hat:

$$m' + \int_0^{e'} \lambda(\xi) d\xi = 0$$

Sodann ist bekannt, dass man die Wirkung jedes symmetrisch zu einer Axe, magnetisierten Körpers, wenigstens in einiger Entfernung mit grosser Annäherung als herrührend ansehen kann von zwei mit entgegengesetzten Mengen magnetischen Fluidums behafteten Punkten. Man denkt sich diese Punkte und die darin angehäuften magnetischen Fluida so bestimmt, dass die erzielte Annäherung eine möglichst gute wird — nämlich der Fehler erst von der vierten Ordnung in dem Quotienten  $\frac{\text{Körperdimensionen}}{\text{Entfernung vom Körper}}$  — und nennt diese Punkte dann bekanntlich kurz die „Pole“ und die absolute in jedem von ihnen enthaltene Menge Fluidums die „Polstärke“ des magnetischen Körpers. Bezeichnen wir nun die Abscissen dieser so definierten Pole (gerechnet vom Kugelcentrum positiv nach  $m$  hin) mit  $a + l$  und  $a - l$ , und die Polstärke mit  $M$ , so ergeben sich zur Bestimmung von  $a$ ,  $l$  und  $M$  die folgenden Gleichungen:

$$14) \left\{ \begin{array}{l} m' \varrho' + \int_0^{\varrho'} \lambda(\xi) \cdot \xi \, d\xi = M [(a - l) - (a + l)] \\ m' \varrho'^2 + \int_0^{\varrho'} \lambda(\xi) \cdot \xi^2 \, d\xi = M [(a - l)^2 - (a + l)^2] \\ m' \varrho'^3 + \int_0^{\varrho'} \lambda(\xi) \cdot \xi^3 \, d\xi = M [(a - l)^3 - (a + l)^3] \end{array} \right.$$

Nun lassen sich mit Rücksicht auf die Ausdrücke (12) und (13) für  $m'$  und  $\lambda(\xi)$  die linken Seiten dieser Gleichungen leicht berechnen, und zwar ergeben sich für sie die Werte:

$$- m \frac{2 \vartheta}{3 - \vartheta} \cdot \frac{\varrho'^2}{R}, \quad - m \frac{4 \vartheta}{5 - \vartheta} \cdot \frac{\varrho'^3}{R}, \quad - m \frac{6 \vartheta}{7 - \vartheta} \cdot \frac{\varrho'^4}{R},$$

wir können also jene Gleichungen (14) leicht auflösen und gelangen so zu folgendem Resultate: *Die fingierten Pole der magnetisierten Kugel haben die Centralabstände  $a - l$  und  $a + l$ , wo  $a$  und  $l$  folgende Werte haben:*

$$a = \frac{3 - \vartheta}{5 - \vartheta} \cdot \varrho' = \left( 1 + \frac{1}{5 + 8\pi z} \right) \cdot \frac{\varrho'}{2}$$

$$l = \sqrt{\frac{3(3 - \vartheta)}{7 - \vartheta}} \cdot \frac{2 \varrho'}{5 - \vartheta},$$

und zwar liegen sie, wie eine leichte Untersuchung lehrt, beide auf dem Radius nach dem inducierenden Pole  $m$ , der eine nahe beim Centrum, der andere nahe bei dem Punkte  $m'$ , beide von diesen Punkten aus verschoben in der Richtung nach  $m$  zu. — Ferner ist die „Polstärke“ der Kugel

$$M = \sqrt{\frac{7 - \vartheta}{3(3 - \vartheta)}} \cdot \frac{5 - \vartheta}{3 - \vartheta} \cdot \frac{\vartheta}{2} \cdot \frac{R}{\varrho} \cdot m,$$

und ihr Gesamtmoment

$$\mathbf{M} \equiv 2 M l = \frac{2 \vartheta}{3 - \vartheta} \cdot \frac{R^3}{\varrho^2} m = \frac{4 \pi z}{3 + 4 \pi z} \cdot \frac{R^3}{\varrho^2} \cdot m$$

Diese Resultate lassen sich mit Hilfe der Theorie der Kugelfunktionen auch aus der in (6 a) angegebenen Lösung desselben Problems herleiten, doch ist die Ableitung aus unserer obigen in den Formeln (11), (12) und (13) enthaltenen Lösung ungleich einfacher, sie erfordert nur die Ausführung der einfachen Integrationen in (14).

Sodann sei hier noch darauf hingewiesen, dass unsere Lösung des magnetischen Problems für eine Kugel ein bekanntes Resultat der Elektrostatik als Grenzfall abzuleiten gestattet. Um darauf näher einzugehn, müssen wir uns dann freilich die Kugel nicht aus magnetisch, sondern aus elektrisch polarisierbarem Material denken (d. h. als Dielektrikum) und anstatt des inducierenden magnetischen Poles einen elektrischen Pol einwirkend annehmen. Was wir oben über die inducierte magnetische Verteilung sagten, gilt dann Alles unverändert auch von der unter solchen Umständen eintretenden elektrischen Verteilung, nur bedeutet  $\kappa$  jetzt natürlich anstatt der „Magnetisierungsconstanten“ die „Elektrisierungsconstante“, die mit der bekannteren Dielektricitätsconstanten  $D$  derart zusammenhängt, dass

$$D = 1 + 4\pi\kappa$$

ist. — Auf Grund dieser Überlegungen können wir ohne Weiteres den Satz aussprechen: *Das Potential der von einem äusseren elektrischen Massenpunkte  $m$  in einem kugelförmigen Dielektrikum hervorgerufenen Polarisation kann man im ganzen äusseren Raume als herrührend ansehen von einem elektrischen Massenpunkte  $m'$  und von einer linearen elektrischen Massenverteilung auf der Verbindungslinie  $\overline{cm'}$  dieses Punktes mit dem Kugelcentrum.*

Wenn wir nun die Dielektricitätsconstante  $D$  (oder auch  $\kappa$ ) grösser und grösser werden lassen, so nähert sich die Lösung des Problems der dielektrischen Polarisation immer mehr der des Problems der elektrostatischen Induktion

in einem vollkommenen Leiter der Elektrizität<sup>1)</sup>, gleichzeitig wird die Grösse  $\mathcal{J} = \frac{2\pi\kappa}{1 + 2\pi\kappa}$  sich immer mehr und mehr dem Werte 1 nähern, und daher nach Formel (13) wegen des Faktors  $(1 - \mathcal{J})$  die Dichtigkeit  $\lambda$  der linearen Massenverteilung auf  $cm'$  immer mehr der 0 — ausser im Centrum  $c$  selber, weil hier auch der Nenner 0 ist. Es zieht sich also mit wachsender Dielektricitätsconstanten die lineare Massenverteilung immer mehr und mehr auf das Kugelcentrum  $c$  zurück, und wenn wir daher zur Grenze  $D = \infty$  übergehen, d. h. nach Obigem zum Falle eines vollkommenen Leiters der Elektrizität, eines Metalles, so erhalten wir danach das Resultat: Das Potential der von einem äusseren elektrischen Massenpunkte in einer Metallkugel inducierten Verteilung kann man im ganzen Aussenraume ansehen als herrührend von zwei elektrischen Massenpunkten, deren einer sich in dem zu  $m$  conjugierten Punkte  $m'$ , der zweite im Kugelcentrum befindet. — Das ist ein bekannter Satz der Elektrostatik, als dessen Verallgemeinerung sich hiernach also unser obiges Resultat über die dielektrische Polarisaton, oder was eben dasselbe, über die magnetische Induktion einer Kugel darstellt. —

Nicht unerwähnt möchte ich zum Schlusse lassen, dass sich in einer mir nachträglich bekannt gewordenen Arbeit von Somigliana eine sehr elegante Lösung des Problems der magnetischen Induktion in einer Kugel sogar für den Fall beliebiger inducierender Kräfte findet<sup>2)</sup>, und dass Boggio für diese Lösung von Somigliana kürzlich einen bemerkenswert kurzen Beweis angegeben hat<sup>3)</sup>. Aus dieser Lösung

1) Vgl. Helmholtz, Vorlesungen über theoretische Physik Bd. IV 1907, Seite 272—273.

2) Somigliana: *Intorno ad un problema d'induzione magnetica* Rendiconti del R. Istituto Lombardo, serie II, vol XXXVI (1903) pag. 1114.

3) Boggio: *Nouvelle résolution du problème de l'induction magnétique pour une sphère isotrope*. Comptes rendus de l'Académie des sciences, Paris, tome 142 (1906) pag. 701.

lässt sich unser obiges Hauptresultat leicht herleiten, wenn es auch nicht einfach als Spezialfall in ihm enthalten ist. — In den Arbeiten der genannten Autoren ist aber nirgends die Rede von der Ersetzbarkeit des inducierten Potentials  $Q$  durch das Potential eines materiellen Punktes und einer materiellen Linie, und gerade dieses Resultat schien mir wegen seiner grossen Anschaulichkeit einer besonderen Mitteilung wohl wert zu sein.

---

In der ordentlichen Sitzung vom 13. März sprach Herr Bonhoff:

### **Über Blut-, Nieren- und Harnbefunde bei Lapine.**

M. H.!

Ihre Aufmerksamkeit werde ich nur kurze Zeit in Anspruch nehmen. Im ärztlichen Verein habe ich kürzlich über Befunde von Spirochaeten berichtet und die letzteren demonstriert, welche in Kulturen aus Lapine-Material erhalten waren. Bei dieser Gelegenheit habe ich mich dahin wiederholt ausgesprochen, dass ich diese Gebilde als mit dem ätiologischen Agens der Lapine und der Vaccine zusammengehörig ansehe, dass ich glaube, ein Entwicklungsstadium des Vaccine-Erregers in ihnen erkennen zu dürfen, das allerdings wohl nur unter bestimmten Bedingungen auftritt und jedenfalls neben den übrigen Stadien selten beobachtet wird. Diese anderen Entwicklungsstadien scheinen nun allerdings weit mannigfaltiger und komplizierter zu sein, als selbst ich in meiner ersten Mitteilung „über Spirochaeten bei Vaccine“, in welcher ich ausser den Schraubenformen dreieckige Körperchen, lange Fäden mit und ohne Windungen, häufig am einen Ende knopfförmig verdickte Fäden, Kommaformen u. a. er-

wähnte, annehmen zu dürfen glaubte. Der Zweck meiner heutigen Demonstration ist, Ihnen einige dieser komplizierten und mannigfaltigen Gebilde aus dem Blute, dem Harn und den Nieren von mit Lapine geimpften Kaninchen vorzuführen.

Wenn man das Blut von mit Lapine percutan geimpften weissen Kaninchen, von denen übrigens eine ziemlich hohe Zahl an der Infektion eingeht, täglich im Kochsalztropfen und im nach Giemsa gefärbten Präparat untersucht, so sieht man vom 2. bis 18. Krankheitstage, vielleicht noch länger, bestimmte Gebilde, die wohl am zahlreichsten zwischen dem 4. und 8. Tage nach der Impfung vorhanden sind. Diese Gebilde sind allerdings sehr verschiedenartig gestaltet. Fast immer habe ich lebhaft bewegliche, meist runde, scharf begrenzte Gebilde gefunden, deren zweifellos vorhandene Eigenbewegung sehr wenig fördernd ist, da sie zwar die in ihrer Nähe liegenden roten Blutkörperchen fortwährend umkreisen, ohne aber grössere Strecken zurückzulegen. Wenn man nach Stunden ein in die Mitte des Gesichtsfeldes eingestellt gewesenes Körperchen wieder aufsucht, findet man es vielleicht noch am Rande desselben Gesichtsfeldes, oder nur wenig über das Gesichtsfeld hinausgedrungen. Grösse recht wechselnd, meist aber zwischen  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{1}{2}$  rotes Blutk. schwankend. Farbe wie bei Poikilocyten. Diese runden Formen haben meist einen verschieden langen, nach dem Ende sich allmähig verjüngenden Fortsatz, der ziemlich starr ist und nicht zur Bewegung zu dienen scheint, jedenfalls nicht den Eindruck einer Geissel macht. Das Ende ist oft ganz spitz zulaufend, häufig aber auch mit einer kleinen knopförmigen Verdickung versehen. Die Länge dieses Fortsatzes beträgt wohl nie mehr als das dreifache des Durchmessers des beweglichen Körperchens. Neben diesen mit einem Fortsatz versehenen Formen kommen recht zahlreich solche Körperchen vor, die mit zwei, an sich gegenüberliegenden Stellen des runden Gebildes entspringenden Fortsätzen versehen sind. Dieselben sind meist etwas grösser

als die zuerst beschriebenen, die Fortsätze oder wenigstens einer derselben haben recht oft an einer Stelle eine scharfe Knickung, so dass das spitz zulaufende Ende im rechten Winkel von dem Fortsatz abbiegt. Unter diesen lebhaft beweglichen scharf begrenzten runden Körpern finden sich zuweilen auch solche, die aus zwei neben einander liegenden runden Formen bestehen, von denen jede einen Fortsatz (nach entgegengesetzten Richtungen laufend) besitzt. Im lebenden Präparat sind, wie Sie dort an dem ersten Mikroskop sehen, diese Gebilde keinesfalls mit Haematoblasten zu verwechseln, was ich besonders hervorhebe. Viel eher könnte man sie, besonders wegen ihrer Farbe, für Poikilocyten oder Teile von roten Blutkörperchen halten, wenn sie auch vielleicht etwas mehr grünlich erscheinen. Die Anzahl dieser runden scharf begrenzten Formen ist scheinbar wesentlichen Schwankungen nicht unterworfen, man findet sie vom 2. bis 18. Tage nach der Impfung in annähernd gleicher Zahl, auch ohne irgend welche Metamorphosen; etwa derart, dass in jedem zweiten Gesichtsfeld eines oder mehrere zu finden sind. Besonders wegen ihrer Unveränderlichkeit, wegen des Fehlens jeglicher Weiterentwicklung würde ich diese Dinge für Poikilocyten, bezw. sonstige Abkömmlinge von roten Blutkörperchen halten, zumal ich sie auch im Blute weisser Kaninchen, die mit Masern- bezw. Scharlachmaterial geimpft waren, gefunden haben. Aber abgesehen davon, dass normales Kaninchenblut sie bisher stets hat vermissen lassen, färben sich diese Formen, wie Ihnen das zweite Mikroskop demonstriert, ganz zweifellos in toto stark chromatinrot, wobei auffallend ist, dass die Fortsätze im gefärbten Präparat viel dünner als im hängenden Tropfen erscheinen. Die Form ist auch im gefärbten Präparat so typisch, dass ich einen Zweifel daran, dass diese gefärbten Dinge das Gleiche darstellen, wie die lebhaft beweglichen Körper im hängenden Tropfen, für unberechtigt halte. Poikilocyten, die sich nach Giemsa intensiv chromatinrot färben — das ist wohl ein Unding. Viel eher könnte man diese

runden Formen im gefärbten Präparat mit Haematoblasten verwechseln, wenn nicht die Gleichmässigkeit und Geschlossenheit der intensiven Färbung, der Mangel der unregelmässigen Umrandung und der zahlreicheren feinen Fortsätze, wie sie bei den Blutplättchen sich finden, diese Identität zum Mindesten sehr unwahrscheinlich machte.

Weniger regelmässig als diese im Ganzen runden Formen mit Fortsätzen finden sich, meist wohl auch erst später, etwa vom 3. oder 4. Tage nach der Impfung auftretend und wohl auch früher als die runden verschwindend, lange, deutlich einmal spiralg gekrümmte Fäden, die zuweilen geringe Verdickungen an einer oder mehreren Stellen zeigen. Grösse sehr wechselnd, von etwa  $1\frac{1}{2}$  Blutkörperchen Durchmesser bis zum  $2\frac{1}{2}$  fachen. Breite ebenfalls schwankend, aber wohl nie unter ca.  $1\ \mu$  gehend, häufig reichlich  $2\ \mu$  betragend. In Bezug auf Beweglichkeit und Farbe dieser Gebilde, ferner in Bezug auf Gestaltung der Enden, auch bezüglich ihrer relativen Starrheit gilt alles oben über die runden Formen Gesagte. Auch diese Formen habe ich im Blute weisser, mit Masern- oder Scharlach-Material geimpfter Kaninchen, niemals aber in dem Blute der gleichen, nicht geimpften Thiere gefunden. Mikroskop 3 zeigt Ihnen eine solche bewegliche, deutlich S-Form zeigende Gestalt zwischen roten Blutkörperchen. Da Ihnen bekannt ist, wie häufig rote Blutkörperchen Fortsätze abschnüren, werden Sie sofort geneigt sein, wie ich es zuerst war und noch heute immer bin, wenn ich diese Gebilde im hängenden Tropfen sehe, sie für solche abgeschnürte R. Bl. K.-Fortsätze zu halten. Auch davor indess dürfte das gefärbte Präparat warnen. Allerdings muss ich zunächst mitteilen, dass es mir sehr häufig nicht gelungen ist, im gefärbten Präparat überhaupt solche längliche Fäden zu finden, wenn sie im hängenden Tropfen vom gleichen Tage zweifellos nicht allzu selten vorhanden waren. Es müsste denn sein, dass diese Fäden im Alkohol so stark schrumpfen, dass sie durch sehr feine, mehr wie

Niederschläge des Azurs aussehende Fädchen, die sich in solchen Präparaten finden, repräsentirt werden. Jedenfalls aber sind in solchen Präparaten auch keine gelblich oder eosinroth gefärbten gleichgestalteten Gebilde vorhanden, wie man doch annehmen müsste, wenn es sich hier um Abkömmlinge roter Blutkörperchen handelte. — In manchen Präparaten nun findet man aber auch gefärbte längliche, schwachspiralig gekrümmte Formen, wie Ihnen dort die Mikroskope 4 und 5 zeigen. Dieselben haben bis auf die grössere Breite eine zweifellose Ähnlichkeit mit dem, was man bei einem Zahnschleimpräparat als fusiforme Bazillen bezeichnen würde; vor Allem auch in den beiden hier demonstrierten Formen wegen ihrer scharf zugespitzten Enden. Der Unterschied zwischen den beiden Objekten besteht darin, dass das unter dem 4. Mikroskop befindliche sich in toto chromatinroth gefärbt hat, während das 5. Präparat ein deutlich S-förmiges, etwa  $6 \mu$  langes,  $1 \mu$  breites Gebilde mit scharf zugespitzten Enden zeigt, das wie die roten Bl. K. gelb gefärbt ist und nur an einer Stelle drei etwa gleich grosse, deutlich voneinander getrennte rundliche Chromatinkörner, die ganz sicher innerhalb dieses S liegen, zeigt. — Zu diesen langen, häufig spiralig gekrümmten Fäden mit Verdickungen rechne ich auch Formen, die eine deutliche Gabelung zeigen. Ich denke mir, dass dabei aus der Verdickung eine Sprossung von Plasma nach einer bestimmten Richtung stattgefunden hat, wodurch diese höchst charakteristischen Figuren zu Stande kommen.

Noch eine dritte Art von Körpern habe ich im Blute gesehen. Es handelt sich dabei um scharf kreisrunde, sehr zarte, nur bei besonderer Aufmerksamkeit im hängenden Tropfen neben den Blutkörperchen erkennbare Gebilde von der Grösse eines halben bis  $\frac{3}{4}$  r. Bl. K. Dieselben erscheinen fast wie leere Bläschen, haben aber an einer Stelle der Peripherie etwas schwach granulierten Inhalt, von sehr geringem Lichtbrechungsvermögen, entweder in einem kompakten

Haufen angeordnet oder in mehrere kleinere, scheinbar nicht miteinander zusammenhängende Häufchen zerteilt. Im lebenden Präparat haben diese Körper die grösste Ähnlichkeit mit Blutkörperchen-Schatten. Doch spricht der Umstand, dass sie im ganz frisch angefertigten Präparat sich finden, ferner auch ihre Beschaffenheit gegen diese Auffassung. Ihr Rand ist durch eine weit schärfer sich abhebende Linie ausgezeichnet, als Schatten von r. Bl. K. sie zeigen und dann spricht doch eben auch der granulirte schwach lichtbrechende Inhalt gegen hämoglobinfreies Discoplasma. Im nach Giemsa gefärbten Präparat sind diese runden Bläschen weit leichter zu erkennen. Sie färben sich in toto wie rote Blutkörperchen gelb bis schwachrötlich; sie haben im Innern, meist in der Nähe der Peripherie liegend, scheinbar nicht untereinander zusammenhängende rote Körnchen in verschieden grosser Zahl, zuweilen 4 oder 6, zuweilen auch eine grössere, dichtere, zusammenhängende Masse. Unter dem 6. Mikroskop sehen Sie ein Präparat, das Ihnen diese dritte Art von Gebilden im gefärbten Zustande zeigt. Auch hier ist eine Ähnlichkeit mit Blutplättchen bis zu einem gewissen Grade vorhanden. Doch scheint mir, dass die scharfe kreisrunde Begrenzung, die Gelbfärbung und die Grösse dieser Formen gegen ihre Identifizierung mit Haematoblasten spricht, die doch immer viel kleiner sind, keine scharf kreisrunde Begrenzung haben und meist auch zwischen dem Chromatinroth eine blaue Farbennüance erkennen lassen. Sehr wichtig in Bezug auf die Bewertung dieser dritten Art von Körpern erscheint mir der Befund von Teilungsformen, wie ich eine im 7. Präparat Ihnen eingestellt habe. Sie sehen ein längliches, an den beiden Enden verdicktes, sanduhrförmiges Gebilde, dessen mittlerer Theil zu einem etwa  $3\ \mu$  langen Faden ausgezogen ist; die etwa eiförmigen Enden enthalten in ihrem gelben Plasma je drei rote Chromatinkörner, an der Peripherie gelegen, der Mittelfaden ist rein gelb. Die eiförmigen Enden sind zusammen etwa so gross, wie die grösseren, im 6. Prä-

parat demonstrierten Körperchen. Ich betone, dass ich solche „Teilungsformen“ mehrfach in verschiedenen Präparaten gefunden habe. Das Negativ einer kleineren solchen Doppelform erlaube ich mir, Ihnen hier heruzureichen.

Im Vorhergehenden habe ich im Einzelnen darauf hingewiesen, wie störend bei diesen Blutbefunden im lebenden, wie im gefärbten Präparat die Ähnlichkeit der scheinbar neuen Formen mit unveränderten oder veränderten Blutbestandteilen irgend welcher Art, r. Bl. K. und deren Abkömmlingen oder Haematoblasten, gewesen ist. Dass kleine Plasmaklumpchen, besonders wenn sie ohne irgend welche Besonderheit, wie Pigment oder dergl., erscheinen, nur äusserst schwer von irgend welchen normalen Blutbestandteilen unterschieden werden können, ist verschiedentlich, so z. B. bei Gelegenheit der Feststellung der Malariaätiologie, hervorgehoben worden. Ich habe daher nach einem Material aus dem an Lapine erkrankten Thierkörper gesucht, bei welchem diese Verwechslungen weniger häufig oder ganz ausgeschlossen wären. Zugleich musste das Material vermutlich den Krankheitserreger enthalten. Ich bin zunächst auf den Harn verfallen als aus dem Blute ausgesondertes Material und als ein Exkret, das wie bei vielen anderen Infektionskrankheiten, so auch bei der Variola und Vaccine sicher den Erreger in irgend einer Form an die Aussenwelt abgibt. Denn, dass nur durch die Hautabschilferung bei den akuten Exanthenen eine Verbreitung des Erregers stattfände, hat mir niemals in den Sinn gewollt. Auch bei den Masern also und vor Allem beim Scharlach halte ich den Harn für einen Träger des Contagimus. Es wird sich Gelegenheit finden, hierauf zurückzukommen. Ich habe dann die harnbildenden und harnsecernirenden Organe um so eher mit untersucht, als die grossen Epithelzellen, die diese Wege auskleiden, vielleicht einen ausgezeichneten Nährboden für den Vaccine-Erreger darstellen konnten. Bei dem positiven Ausfall dieser Untersuchungen erschien es angezeigt, überhaupt kein Organ des

Lapine-Kaninchens ununtersucht zu lassen. Von den in letzterer Richtung erhaltenen Resultaten sehe ich vorläufig ab und beschränke mich auf Schilderung der Nieren- und Harnbefunde.

Zu solchen Untersuchungen ist natürlich am besten geeignet ein Material, das frei ist von irgend welchen pflanzlichen Organismen. Ich berichte im Folgenden über die Befunde von drei weissen, mit Vaccine percutan geimpften Kaninchen, bei denen sich der ganze Körper als völlig bakterienfrei erwies, mit Ausnahme wahrscheinlich des Darmkanals, der nicht daraufhin untersucht wurde. Von jedem der drei Thiere wurden mehrere Ausstriche mit sehr viel Material auf Agar gemacht und zwar aus Herzblut, den verschiedenen Leberlappen, Milz, beiden Nieren, Pankreas, Lungen und Knochenmark, endlich aus den verschiedenen Teilen des Blaseninhalts, die mit steriler Spritze allmählig von der Blasenhöhe her entleert wurden. Die Agarröhrchen blieben 72 Stunden, z. T. noch länger im Brutschrank und erwiesen sich sämtlich als völlig steril. Von diesen Thieren ist eines am 4. Tage, eines am 8., eines am 11. Tage nach der Impfung und zwar doch wohl an der Vaccine-Infektion, zu Grunde gegangen. Veränderungen an den Organen liessen sich, mit Ausnahme einer hochgradigen Blutarmut und Trübung des Nierengewebes, nicht nachweisen. Zu der Folgerung, dass diese Thiere an der Vaccine-Infektion eingegangen sind, halte ich mich auch desshalb für berechtigt, weil mir fortwährend nach dieser Infektion weisse Kaninchen zu den verschiedensten Zeiten nach der Impfung eingehen, ohne dass ich im Stande wäre, eine andere Todesursache aufzufinden.

Nun zu meinen Befunden, die ich an der Hand der hier aufgestellten Präparate kurz bespreche. Die drei nächsten Objekte stammen von dem am 4. Tage nach der Impfung eingegangenen Kaninchen. Unter dem 8. Mikroskop ist ein Nierenausstrich, unter dem 9. ein Nierenschnitt dieses Thieres, nach Giemsa gefärbt. Im Ausstrich sehen Sie neben einigen

roten und weissen Blutkörperchen an dem eingestellten Teil des Präparates reichlich kleine rot gefärbte Gebilde; nicht ganz rund, zuweilen deutliche Ecken zeigend, in der Grösse etwa gewöhnlichen Luftkokken entsprechend; doch auch viele kleinere Formen. Wahrscheinlich dieselben Dinge, wenn auch blau gefärbt, sehen Sie unter Mikroskop 9 in den Epithelzellen der Harnkanälchen, und zwar in kleinen Haufen im Plasma neben dem Kern liegen; an zwei verschiedenen Stellen des Gesichtsfeldes sind solche Häufchen zu erkennen. Die Form dieser Epithelschmarotzer ist genau die gleiche, wie im Ausstrich; dass sie blau gefärbt sind, kann an der Behandlung des Organs (Fixierung in Alkohol-Eisessig) gelegen sein. Die Niere selbst ist noch fast unverändert. Speziell hat ein deutlicher Zerfall der Epithelien der Harnkanälchen noch nicht stattgefunden. — Das Mikroskop 10 zeigt Ihnen ein gefärbtes Präparat von dem Blaseninhalt des gleichen Tieres. Auffallend ist zunächst die Unmasse der Blasenepithelien verschiedener Grösse. Aber auch Lymphocyten sind reichlich vorhanden. Zwischen diesen Zellen, von denen die Epithelzellen zum Teil neben dem Kern Fremdkörper zeigen, die von Guarnierischen Körperchen der Hornhautepithelien überhaupt nicht zu unterscheiden sind, finden sich zweierlei Gebilde: einmal chromatinrote, ziemlich dünne, im Ganzen rundliche Formen, meist kleiner als rote Blutkörperchen, nicht sehr zahlreich; zweitens dunkelblaue rundliche, sehr verschieden grosse Körperchen, zum Teil wie grosse Kokken, zum Teil von der Grösse roter Blutkörperchen und etwas darüber. Die meisten der letzteren sind durch einen runden helleren Fleck ausgezeichnet. Von diesen ist eine beträchtliche Zahl, meist freiliegend, vorhanden. Einzelne derselben aber liegen ganz sicher, in Ein- oder Mehrzahl, in den Epithelien, nicht immer in unmittelbarer Nähe des Kernes.

Die nächsten drei Mikroskope sollen ein Bild der gleichen Verhältnisse, wie eben beschrieben, bei dem am achten Tage

nach der Impfung gestorbenen Tiere geben. Mikroskop 11 zeigt einen Nierenausstrich, Mikroskop 12 einen Nierenschnitt an diesem Tiere, beide nach Giemsa gefärbt. In dem Ausstrich finden sich an der hier eingestellten Gegend des Präparates neben roten Blutkörperchen hellrosa gefärbte runde Körper von der Grösse der Erythrocyten, auch etwas unter und über dieser Grösse, die eine nach ihrem Umfang verschiedene Anzahl blauer Körner von etwa Kockengrösse, aber unregelmässigerer Gestalt, in ihrem Inneren beherbergen; die kleinen vier oder sechs, die grösseren bis zehn und selten darüber. Genau die gleichen Körper sind, wie Sie sehen, nur noch zahlreicher, in den Harnkanälchen dieses Nierenschnittes vorhanden, allerdings hier nur zum Teil so gut erhalten, wie in dem Ausstrich. Eine Anzahl der in den Harnkanälchen liegenden Körper hat die scharfen Konturen verloren, zum Teil sind sie ganz zerfallen, so dass nur die Haufen der zusammenliegenden blauen Körner das Lumen der Kanälchen ausfüllen. Es ist natürlich auch möglich, dass dieser Zerfall etwas Zweckentsprechendes, von der Natur Gewolltes ist, dass die blauen Körner also frei werden müssen, um ihre eventuelle weitere Entwicklung durchzumachen. — Dass es sich bei diesen Gebilden nicht um degenerierte Kerne der Harnkanälchen - Epithelien handelt, ist wohl einleuchtend. Allerdings sind zu dieser Zeit bereits sehr starke Veränderungen an diesen Epithelien erkennbar, ein Teil ist schon ganz ausgefallen, bei anderen sind die freien Ränder ausgefrant und zum Teil abgebröckelt, auch haben manche Kerne den Farbstoff sehr schlecht angenommen, sie sind entschieden in ziemlicher Zahl in Degeneration begriffen. Aber eben diese degenerierten Kerne unterscheiden sich ohne Weiteres von den mit blauen Körnern versehenen rosa-gefärbten Körpern, die gar nicht den Eindruck der Degeneration machen. — Im Harnpräparat dieses Tieres sind kaum Zellen, die dem Körper des Tieres entstammen, vorhanden, weder Blasenepithelien, noch Lymphocyten. Auch von den

in den Nieren sich findenden Gebilden, die ich eben beschrieben habe, ist in dem Harne nichts vorhanden. Dagegen finden sich im ungefärbten Präparat eine grosse Anzahl stark lichtbrechender, in Haufen liegender blasen- oder kapselartiger, recht verschieden grosser, meist annähernd runder Körper, die vermutlich eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen alle möglichen Eingriffe, Austrocknung etc. besitzen; ihr Aussehen erinnert an Sporen oder Protozoen-Cysten, nur dass sie infolge ihrer wechselnden Grösse so unregelmässig erscheinen. Neben diesen kapselartigen Formen, an deren Inhalt sich nichts differenzieren lässt, finden sich spärlicher, aber immer noch reichlich genug, runde flache Protoplasmaklumpen, blass, ohne irgend welche Besonderheiten, von ca.  $3 \mu$  bis  $8 \mu$  Durchmesser. Dieselben nehmen bei Giemsa-Färbung bald rote, bald mehr violette, bald rein blaue Farbe an, d. h. alle drei Farben finden sich an ihnen im selben Präparat. Die oben beschriebenen Kapseln nehmen Farbstoff nur am Rande auf und erscheinen als sporenähnlich auch im gefärbten Präparat.

Es bleibt mir übrig, mit zwei Worten auf das am elften Tage nach der Impfung eingegangene Kaninchen einzugehen. In den Nieren sind keine Fremdkörper mehr, dagegen findet sich eine so hochgradige Degeneration der Harnkanälchen-Epithelien, dass vielfach überhaupt nur das bindegewebige Gerüst der Kanäle, an anderen Stellen vielleicht noch ein oder zwei Kerne an der Peripherie stark zerfaserter Epithelien vorhanden sind. In dem Harn dieses Tieres sind die bei dem vorigen Tier beschriebenen kapselartigen Gebilde reichlich vorhanden, daneben recht zahlreich Organismen, die ich Ihnen hier im hängenden Tropfen und im gefärbten Präparat unter den beiden letzten Mikroskopen aufgestellt habe und die Sie sofort übereinstimmend für Spermatozoën erklärt haben. Mit dieser Deutung würde die Verlegenheit behoben sein, in die ich durch das Auftreten dieser Formen und die Unkenntnis der Tatsache, dass Spermatozoën häufiger in der Blase von Leichen gefunden werden, versetzt worden bin. Denn das

Einziges, was ich bei langem Suchen in der Litteratur gefunden habe, das eine entfernte Ähnlichkeit mit diesen Formen hat, ist abgebildet in einer Arbeit von Kinoshita im Archiv für Protistenkunde, Heft 2 und 3 des Bandes VIII, Tafel 12, Fig. 41. Ich erlaube mir, Ihnen das betr. Bild herumzugeben. Der Unterschied zwischen meinem Präparat und dem Bilde ist eigentlich erledigt mit den beiden Chromatinpunkten, die in dem Bilde innerhalb des Körpers des Organismus sich finden. Der Autor hält diese Form für den Mikrogametocyten des *Piroplasma canis*.

Bei einem Rückblick auf die verschiedenen, hiermit beschriebenen Formen dürfte es sich empfehlen, auszusprechen, dass die in Nieren und Harn gefundenen Gebilde jedenfalls ganz anderer Art sind, als die im Blut gesehenen. Ob zwischen den verschiedenen, in den Nieren und im Harn vorhandenen, also zwischen denen, welche bei Tier 1 und denen, welche bei Tier 2 nachgewiesen wurden, ein Zusammenhang besteht, etwa derart, dass die bei dem Tier 2, das also am achten Tage nach der Impfung einging, gesehenen eine weitere Entwicklungsstufe der bei Tier 1, am vierten Tage nach der Impfung gefundenen darstellen, werden weitere Untersuchungen ergeben. Betont sei noch, dass Impfversuche mit all dem verschiedenen Nieren- und Harnmaterial beim Kalbe bisher immer negativ ausgefallen sind, mit einer einzigen, vielleicht auf einen Zufall zurückzuführenden Ausnahme. Es kann sich also bei den oben beschriebenen Gebilden höchstens um Formen des Vaccine-Erregers handeln, die eben die Infektion nicht auszulösen vermögen. Ob wir es dabei mit dem Beginn einer sogenannten exogenen Entwicklung zu tun haben, und welche Formen die zu einer Weiterentwicklung befähigten sind, dürfte sich wohl bald herausstellen.

---

In der Sitzung vom 13. März sprach Herr Arthur Schwantke über:

### **Isomorphie und kristallochemisches Gleichgewicht.**

In den früheren Sitzungen ist vom Verfasser über seine Studien an basaltischen Augiten berichtet worden. Es wurden dabei auch die Verwachsungen zwischen rhombischem und monoklinem Pyroxen und die lamellierten Zwillingsbildungen des letzteren, insbesondere auch, soweit sie mit einer Umwandlung des rhombischen Augit verknüpft sind, behandelt.

In der letzten jener Mitteilungen (Juli 1905, Nr. 6) wurde bereits eine Hypothese aufgestellt, die dahin geht, den lamellaren Zerfall der rhombischen Modifikation in die monokline durch Labilität der isomorphen Mischung der beiden verschieden symmetrischen Komponenten zu erklären. Es wurde auch darauf hingewiesen, dass eine solche Beziehung bereits von R. Brauns<sup>1)</sup> für den Mikroklin erkannt worden ist. Immerhin bestehen aber zwischen den Erscheinungen beim Mikroklin und der Diallagstruktur sowie anderen Beobachtungen an jenen Augiten neben augenfälligen Analogien auch sichtliche Unterschiede, insbesondere in dem viel häufigeren Auftreten primärer Verwachsungen beider Modifikationen und der Neigung zur Bildung von Doppelsalzen in der Augitgruppe (was vom Standpunkt der gemachten Hypothese aus durch die wesentlich geringere Mischbarkeit erklärt werden kann). Andererseits ist auch die hier besprochene Erklärung der Mikroklinstruktur keineswegs allgemein angenommen worden. Es dürfte deshalb, nicht nur wegen der Wichtigkeit der beiden Mineralien sondern auch wegen der allgemeinen physikalisch-chemischen

---

1) R. Brauns, Die optischen Anomalien der Krystalle, Leipzig 1891 132—149.

Bedeutung dieser Frage, angebracht sein, noch einmal in einem besonderen Vortrage darauf zurückzukommen.

Theoretisch erscheint eine solche Metastabilität isomorpher Mischungen verschieden symmetrischer Komponenten durchaus möglich, sobald nicht durch künstliche Einengung des Begriffs der Isomorphie ein Hinübergreifen über die Grenze der Symmetrieklasse oder des Kristallsystems ausgeschlossen wird. Für ein tatsächlich geometrisch isomorphes Verhalten verschieden symmetrischer Modifikationen gibt es Beispiele genug, aber die Entscheidung in der Frage, ob Isomorphie oder nicht, wird stets die Mischbarkeit der Komponenten sein müssen. Die Tatsache solcher Mischungen liegt vor. Zugleich beobachten wir, dass mit zunehmender Verschiedenheit der Komponenten die Neigung zur Mischbarkeit abnimmt und Bildung von Doppelsalzen eintritt, und wir sehen dann weiter, dass gerade bei solchen Körpern die auffallenden Zwillingbildungen auftreten. Gerade diese Gruppen über deren Isomorphie je nach der engeren oder weiteren Fassung des Begriffs gestritten werden kann, nehmen eine wichtige Mittelstellung zwischen den eng isomorphen und den in weiterer morphotroper Beziehung stehenden Körpern ein.

In jedem Kristall stehen, wie wir annehmen müssen, die Moleküle in einer bestimmten gesetzmässigen Anordnung; es kann eine solche für ein und denselben Körper auf verschiedene Weise möglich sein, aber (wenn wir uns hier auf physikalisch isomere Modifikationen beschränken) für jeden Kristall befinden sich die Moleküle im (stabilen oder labilen) physikalischen Gleichgewicht. Für isomorphe Substanzen gelangen wir dann dazu, den Kristallen oder einzelnen Komponenten die gleiche räumliche Anordnung zuzuschreiben. Vom Standpunkte der Strukturtheorie aus ist dies sehr verständlich, wenn wir ein gleiches (oder nahezu gleiches) Punktsystem annehmen. Diese Anschauung reicht dazu aus die verwandten geometrischen und physikalischen Eigenschaften einzelner Komponenten sowie ihre gegenseitige

isomorphe Fortwachsung zu erklären. Sie bereitet aber schon erhebliche Schwierigkeit, wenn wir uns die isomorphe Mischung in allen Verhältnissen (die die gleiche räumliche Anordnung haben muss wie die Einzelkristalle) vorstellen sollen, denn sie muss in jedem Falle absolut homogen sein. Aus diesem Grunde ist es auch von grossem Nutzen, sie uns als Lösung zu denken. Ohne eine bestimmte Annahme über die Natur der isomorphen Mischung zu machen, können wir aber sagen: wie in zwei isomorphen Kristallen A und B die Moleküle unter einander bei gleicher räumlicher Anordnung im Gleichgewicht stehen, so müssen sich auch die zweierlei Moleküle im Mischkristall in der analogen Weise im Gleichgewicht befinden. Wir wollen dieses Gleichgewicht, da es sich hier zugleich um eine chemische Verschiedenheit der Komponenten handelt, als ein kristallochemisches bezeichnen.

Für sehr nahe isomorphe Körper befinden sich die Moleküle der isomorphen Mischung in allen Mischungsverhältnissen im Gleichgewicht. Je weniger nahe sich die Komponenten einer Reihe stehen, umso weniger kann eine solche Anordnung im Gleichgewicht zustande kommen oder es wird ein solches Gleichgewicht nur noch labil sein, und wenn sich die morphotrope Änderung des Moleküls noch weiter erstreckt, so wird ein Gleichgewicht und damit eine isomorphe Mischbarkeit überhaupt nicht mehr möglich sein.

Eine solche allgemeine Darstellung der morphotropischen Beziehungen hat zwei Vorteile, 1. sie ist unabhängig von der jeweiligen Erklärung des Zustandes der isomorphen Mischung, 2. sie vermeidet die Schwierigkeit, die mit der strengen Abgrenzung dessen, was wir noch unter dem Begriff isomorph verstehen wollen — es können auch innerhalb einer und derselben Symmetrieklasse die Komponenten zu weit auseinander stehen um eng isomorph zu sein — und sie lässt die fortlaufende Reihenfolge der morphotropen Beziehungen erkennen.

Voraussetzung ist also, dass in der Tat eine solche allmähliche Abstufung existiert. Innerhalb der isomorphen Körper ist die Reihenfolge dadurch gegeben, dass der Satz gilt: die isomorphe Mischbarkeit ist umso grösser, je näher sich die einzelnen Komponenten zu einander isomorph verhalten. So weit würde also auch die Anordnung nach der Mischbarkeit<sup>1)</sup> ausreichen und kein Grund vorliegen, dafür den Ausdruck des Gleichgewichts zu setzen. Der Grund hierfür liegt in der Labilität des Mischungszustandes. Vom Standpunkte der Lösungstheorie aus könnte man dafür die Ausdrücke leicht und schwer löslich, unbegrenzt und begrenzt löslich und den Begriff der Übersättigung gebrauchen. Das Auftreten von Lamellen der niedriger symmetrischen Modifikation in der höher symmetrischen hat zwar mit der Ausscheidung aus übersättigter Lösung eine gewisse Ähnlichkeit, aber wir sehen, dass die niedriger wie symmetrische Form die gleiche chemische Zusammensetzung behält, von Trennung des Gelösten vom Lösungsmittel kann also nicht die Rede sein. Um Dimorphie handelt es sich auch nicht, das beweisen die kontinuierlichen Übergangserscheinungen der (weiter unten zu besprechenden) Polysymmetrie.

Eine Labilität isomorpher Mischungen durch Dimorphie ist allerdings in der Tat denkbar. Haben wir eine isomorphe Reihe  $A_1, B_1, C_1, \dots$  und die damit isodimorphe  $A_2, B_2, C_2, \dots$  (es wird sich in solchen Fällen nur um physikalische Isomerie handeln können), so können unter denselben (Druck- oder Temperatur-) Bedingungen in der ersten Reihe die Glieder  $A_1, B_1, C_1$  die stabile Modifikation sein, unter denen in der zweiten Reihe etwa  $D_2, E_2, F_2$  stabil sind. Die Folge davon ist auch eine sehr geringe Mischbarkeit der stabilen  $A_1, B_1, C_1$  bez.  $D_2, E_2, F_2$  mit den labilen  $D_1, E_1, F_1$  bez.  $A_2, B_2, C_2$  wie wir es auch tatsächlich häufig beobachten. Es ist nun nicht

---

1) Vergl. z. B. die Stufenfolge der Mischbarkeit nach Retgers bei W. Nernst Theoretische Chemie, 4. Aufl. 1903, 121, 185.

ausgeschlossen, dass unter gewissen Bedingungen, eine reichlichere Mischung etwa von  $A_1$  und  $D_1$  zustande kommen könnte, die sich dann unter den gewöhnlichen Verhältnissen als labil erweisen würde.

Es wäre von grossem Interesse, darüber an künstlichen Substanzen Versuche anzustellen. Ein Beispiel für eine Beimischung der labilen Modifikation in der stabilen liefern nach J. W. Retgers (Zeitschrift für physik. Chemie 3. 1889, 497—561) die Sulfate  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  (Bittersalz) und  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  (Eisenvitriol). Die  $Mg$ -reichen Mischungen sind rhombisch wie das reine  $Mg$ -Salz, die  $Fe$ -reichen monoklin wie die reine  $Fe$ -Verbindung. Etwas anderes ist die von demselben Autor gemachte rein hypothetische Annahme der isodimorphen Beimischung einer labilen Komponente wie z. B. in der Kalkspatgruppe. (J. W. Retgers, Neues Jahrbuch für Min. etc. 1871, 132—160; 1892 I, 210—217). Hier wird wegen der Beimischung einer geringen Menge  $MgCO_3$  im Kalkspat und dem abweichenden Molecularvolumen von Kalkspat und Magnesit (l. c. 1892, 216) „eine labile Modification des Magnesiumcarbonats, welche sich im Molecularvolumen dem Kalkspath mehr nähert und deren Aufnahme im Krystallgebäude ohne Spannungen erfolgen könnte“, angenommen. Das würde also eine zweite rhomboedrische Form von  $MgCO_3$  nötig machen, deren Existenz durch nichts weiter bewiesen wird und auch nach der hier vorgetragenen Ansicht nicht wahrscheinlich ist. Wir werden am Schlusse darauf zurückkommen.

R. Brauns (l. cit. 149) fasst seine Ansicht über den Mikroklin wie folgt zusammen: „Der reine Kalifeldspath ist monoklin, der reine Natronfeldspath ist triklin, beide sind isomorph, (d. h. sie haben nahezu congruente Structurformen [Punktsysteme]).“

„Die Verschiedenheiten in der Symmetrie (bezw. in den Structurformen) beruhen auf der Wirkung des alkalischen Bestandtheils.“

„In den isomorphen Mischungen können die geringen Verschiedenheiten der Structurformen verschwinden: das Raumgitter des Natronfeldspathes wird gleich dem des Kalifeldspathes im Orthoklas, das des Kalifeldspathes gleich dem des Natronfeldspathes im Mikroklin (Anorthoklas).“

„Durch die isomorphe Beimischung wird die Stabilität (der Raumgitter) verringert, das Natron im Kalifeldspath nähert diesen dem Natronfeldspath, das Kali im Natronfeldspath nähert diesen dem Kalifeldspath, gewisse Mischungen befinden sich in einem labilen Gleichgewichtszustand: durch Änderung von Druck oder Temperatur können monokline Mischungen triklin, triklone monoklin werden.“

„Der Mikroklin war ursprünglich ein natronhaltiger monokliner Kalifeldspath und ist erst durch den lang andauernden Druck des Gebirges triklin geworden.“

Brauns sieht also den Grund der Mikroklinstruktur in der Labilität der isomorphen Mischung und den Gebirgsdruck nur als den auslösenden Faktor. Dass dieser in allen Fällen wirksam gewesen sein muss ist aber nicht anzunehmen. C. Hintze<sup>1)</sup> bemerkt dazu: „Die frei ausgebildeten Mikroklinkrystalle, z. B. aus dem Granit des Riesengebirges sieht Brauns nicht als „aufgewachsen, sondern aus dem Gestein herausgewachsen“ an; man findet jedoch in Drusen von Striegau und besonders auch an den schon makroskopisch so schön die Mikroklin-Gitterstructur zeigenden Amazoniten vom Pike's Peak recht frei aufgewachsene Krystalle, von denen man sich schwer vorstellen kann, dass sie so stark vom Gebirgsdruck in Mitleidenschaft gezogen sein sollten, um diesem ihre Structur als secundär zu verdanken.“ Vom Standpunkte der Labilität aus ist auch die Mitwirkung des Druckes nicht absolut nötig. Die Umwandlung wird sich unter veränderten äusseren Bedingungen seit der Erstarrung auch ganz von selbst vollziehen, sie wird dann allerdings

1) Handbuch der Mineralogie II, 1897, 1335.

viel träger verlaufen und unter Umständen ganz ausbleiben. Neben solchen Orthoklasen haben wir auch einfachen nicht oder nur wenig verzwillingten Mikroklin, besonders in den Alkaligesteinen<sup>1)</sup>. „Hier fehlt die Zwillinglamellierung nach dem Periklingesetz sehr oft, selbst ganz einfache Individuen denen auch die Zwillinglamellen nach Albit fehlen, sind keineswegs selten, bilden vielmehr in manchen Gesteinen die Regel. Wo die Gitterstruktur erscheint, ist sie gewöhnlich ausserordentlich fein, die Lamellen sehr kurz, mehr spindelförmig und statt der geradlinigen Berührung findet oft eine verzahnte Verwachsung statt. Oft erkennt man, wie schon Des Cloizeaux beobachtete und N. V. Ussing an grönländischen Vorkommnissen genau beschrieb, dass ein Mikroklinkrystall eigentlich nicht aus zahllos vielen, sondern nur aus zwei Individuen besteht, die sich gegenseitig auf das Innigste durchdringen.“ Charakteristisch ist also, dass wir neben dem verzwillingten sowohl einfachen monoklinen als einfachen triklinen Kalinatronfeldspat haben.

Der vielfach gemachten Annahme einer Dimorphie steht die Tatsache entgegen, dass sich die beiden dimorphen Modifikationen bei gleichem spezifischem Gewicht so nahe stehen, wie wir es nur von isomorphen Körpern gewohnt sind.

Es wird dies auch stets in allen anderen Fällen der Fall sein müssen, wo wir aus den Mischungen zweier sich nahe wie isomorph verhaltender verschieden symmetrischer Komponenten auf eine Dimorphie schliessen wollen. R. Brauns<sup>2)</sup> bemerkt hierüber: „Ganz besonders schwierig aber wird die Entscheidung, ob Isodimorphie oder Isomorphie vorliegt, dann, wenn die bekannten Endglieder sich in ihren Winkelwerten so nahe stehen wie isomorphe Körper, aber sich durch ihren Symmetriegrad unterscheiden, indem sie entweder in ver-

---

1) H. Rosenbusch Mikroskopische Physiographie I, 2. 1905. 322.

2) R. Brauns, Chemische Mineralogie, Leipzig 1896, 206, 207. —  
Der Mikroklin ist hier nicht erwähnt.

schiedenen Systemen, oder in demselben System, aber mit verschiedenem Symmetriegrad krystallisieren. Wer die Meinung theilt, dass nur isosymmetrische Körper isomorph sein können, muss natürlich in allen diesen Fällen Isodimorphie annehmen. Die betreffenden Körper sind dann nur kryptodimorph, ihre eine Modifikation kann nur in Mischkrystallen existieren, die vorwiegend aus der andern Substanz bestehen; in der Mischungsreihe befindet sich eine grössere Lücke. Eines der bekanntesten Beispiele bietet uns das schwefelsaure und selensaure Beryllium,  $BeSO_4 \cdot 4H_2O$  und  $BeSeO_4 \cdot 4H_2O$ ; das erste krystallisiert quadratisch, das andere rhombisch, beide sind in ihrer Form und ihrem Habitus durchaus ähnlich und bilden Mischkrystalle. Diese sind quadratisch, wenn auf 1 Atom *Se* mindestens 7,33 Atome *S* kommen, dagegen rhombisch, wenn sie auf 1 Atom *Se* höchstens 3,95 Atome *S* enthalten; dazwischen liegende Mischungen bilden sich nicht.“

„Um dies zu erklären, kann man sich vorstellen, dass in dem Raumgitter der einen Substanz ein Theil der Molekülschwerpunkte durch die andere Substanz besetzt sei; sie ordnet sich hier dem Ganzen ein, wie eine isomorphe Substanz in die andere. Mit zunehmender Menge steigt der labile Gleichgewichtszustand und über eine gewisse Grenze hinaus kommen überhaupt Krystalle der einen quadratischen Form nicht mehr zu Stande, es besteht eine Lücke in der Mischungsreihe. Auf der andern Seite stehen Krystalle der andern rhombischen Form, die vorwiegend aus der zweiten, jetzt stabilen Substanz bestehen; in dem Raumgitter ist ein Theil der Molekülschwerpunkte nun durch die erste Substanz besetzt.“

„Bei dieser Auffassung ist es bis jetzt nur ein Streit um Worte, ob man hier Isomorphie oder Isodimorphie anzunehmen habe. Die Entscheidung, ob die eine oder andere Annahme richtig sei, kann nur durch exacte Bestimmung der physikalischen Eigenschaften der Mischkrystalle gebracht werden.“

Für den Mikroklin ist zur Erklärung der scheinbaren Dimorphie eine Hypothese vielfach angenommen worden, die,

auf die auffallende Zwillingsbildung gestützt, allen Feldspat für triklin und die monoklinen nur durch eine submikroskopische Zwillingsbildung vor den triklinen verschieden erklärte.

P. Groth hat diese Erklärung noch dahin präzisiert, dass er den Mikroklin in eine besondere Klasse der kristallisierten Körper einreichte, die er unter Wiederaufnahme eines alten von A. Scacchi<sup>1)</sup> aufgestellten Begriffs als polysymmetrische bezeichnet. Scacchi (l. c. 37) definierte: „Polysymmetrie ist die Eigenschaft gewisser Körper, dieselbe Krystallform mit verschiedenem Symmetriegesetz und verschiedenen physikalischen Eigenschaften zu haben . . . . . Die Verschiedenheit zeigt sich in der Aenderung des optischen Verhaltens, in der Art, wie die Krystalle des einen Typus durch eine Temperatur zerstört werden, welche die des anderen nicht angreift, ferner in den Löslichkeitsverhältnissen, indem die Krystalle des einen Typus sich unter denselben Umständen auflösen, unter denen die des anderen sich vergrössern, überhaupt in der grösseren Beständigkeit des einen der beiden Typen.“<sup>2)</sup>

Groth<sup>3)</sup> definiert: „Polysymmetrie tritt auf bei Körpern von sogenannter »pseudosymmetrischer« Krystallform, d. h. solchen, deren Krystallstructur einer höher symmetrischen sehr nahe steht. Dahin gehören z. B. rhombische, monokline

---

1) A. Scacchi, Ueber die Polysymmetrie der Krystalle (übersetzt von C. Rammelsberg). Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges., XVII, 1865 35—55.

2) im Original nicht gesperrt. Es ist immerhin von Bedeutung, auf die Beobachtung der verschiedenen Beständigkeit schon bei Scacchi hinzuweisen, wenn auch von ihm an eine Labilität in dem hier gebrauchten Sinne nicht gedacht worden ist, ebenso wie sich seine Bemerkung über die Temperatur, wie R. Brauns (Anomalien, 28), betont, nur auf das Verhalten in Lösung beziehen und die Umwandlungserscheinungen der Krystalle bei Temperaturänderungen erst später erkannt worden sind.

3) P. Groth, Einleitung in die chemische Krystallographie 1904, 4.

oder triklone Krystallstructuren, in denen die Abstände nächster gleichartiger materieller Teilchen in drei, nahezu unter gleichen Winkeln einander schneidenden Richtungen einer Ebene sehr wenig verschieden sind. Ein solcher Körper zeigt alsdann »pseudohexagonale« Krystallform, d. h. die zu einer anscheinend hexagonalen Form einander ergänzenden Flächen sind, wenn auch nicht vollkommen gleichwertig, doch infolge der nahen Übereinstimmung der Anordnung der Teilchen in denselben bei der Bildung derart ähnlich begünstigt, dass sie regelmässig zusammen und in ähnlicher Weise ausgebildet erscheinen; die Krystallform ist dann eine anscheinend hexagonale, und man könnte sie sich aus einer wirklich hexagonalen, durch eine geringe homogene Deformation entstanden denken. . . . . Krystallstrukturen der beschriebenen Art besitzen, wie in der physikalischen Krystallographie gelehrt wird, dreierlei Stellungen, in welchen sie miteinander im Gleichgewichte stehen, wie daraus hervorgeht, dass sie regelmässig als Drillingsverwachsungen nach den Flächen des hexagonalen Prismas erscheinen (als sogenannte »mimetische« Gebilde). Bei dem hierbei gewöhnlichen Aufbau aus dünnen Zwillingslamellen werden die Abweichungen der Winkel von denen eines wirklich hexagonalen Krystalls umsomehr ausgeglichen, je feiner die Lamellen sind, je häufiger also die drei Stellungen im Aufbau des ganzen Gebildes miteinander wechseln. Tritt endlich dieser Wechsel in regelmässiger Weise aber in so kleinen Abständen auf, dass der Zwillingsbau auch mikroskopisch nicht mehr wahrnehmbar ist, so entsteht ein Gebilde, welches durch keine Eigenschaft von einem einfachen hexagonalen Krystall unterschieden werden kann. Alsdann tritt die betreffende Substanz in zwei, anscheinend verschiedenen Modifikationen auf, einer hexagonalen und einer rhombischen (bzw. monoklinen oder triklinen) pseudohexagonalen mit Zwillingsbildung. Da es sich aber hierbei nicht um eine verschiedene Art der Krystallstructur, wie bei der Polymorphie, sondern um eine verschiedene Art des Aufbaues,

aus gleichartigen Krystalstructuren handelt, sollen Körper, welche in derartigen Modificationen von verschiedener Symmetrie auftreten, als »polysymmetrische« Körper, die einzelnen in ihrer Form nahe übereinstimmenden, aber durch die Symmetrie verschiedenen Modifikationen als »polysymmetrische« von den polymorphen unterschieden werden.“

„Die Umlagerung in Zwillingstellung, d. i. die Bildung von Zwillinglamellen, kann nun bewirkt werden durch Druck oder Zug, ebenso aber auch durch Änderung der Temperatur des Krystals. Der Gleichgewichtszustand für denjenigen regelmässigen Aufbau, bei welchem der Krystal als vollkommen einfacher von höherer Symmetrie erscheint, kann sogar an bestimmte Temperaturgrenzen gebunden sein, und in einem solchen Falle werden nicht nur beim Erwärmen eines polysynthetischen Zwillingkrystals in demselben neue erkennbare Lamellen auftreten können, sondern es wird auch bei Erreichung der Grenztemperatur plötzlich eine scheinbare Umwandlung in die höhere symmetrische Form eintreten.“

(l. c. 7) „Die Krystalle derjenigen polysymmetrischen Form einer Substanz, in welcher die Zwillingverwachsung nicht mehr wahrnehmbar ist, sind nur scheinbar homogene Körper und unterscheiden sich von den einfachen oder Zwillingkrystallen der Form mit niedrigerer Symmetrie nur durch solche Eigenschaften, welche durch die Art des Aufbaues aus der letzteren bedingt sind; zwischen beiden Formen können Übergänge mit kontinuierlich sich ändernden Eigenschaften existieren, und es ist nicht für alle Fälle erforderlich, dass die Umwandlung aus der einen Form in die andere bei einer bestimmten Temperatur stattfindet.“

„Die polymorphen Modificationen stellen dagegen wirklich verschiedene Zustände (Phasen) dar. Beim Übergang aus dem einen in den andern findet im allgemeinen eine discontinuierliche Änderung aller Eigenschaften, sowohl der scalaren als der vectoriellen, statt, und die Umwandlung erfolgt bei einer bestimmten Temperatur, dem Umwandlungspunkte.“

Scacchi fährt an der oben zitierten Stelle fort: „In dem Angeführten liegt auch der Unterschied der Polysymmetrie und der Dimorphie; die Formen dimorpher Körper stehen in keiner Beziehung zu einander, und wenn sich die eine Form in die andere verwandelt, so liegen die neuen Krystalle regellos gegen die alten.“ Scacchi berücksichtigt nur die äussere Form, das drückt sich besonders aus in seinen Schlusssätzen (l. c. 54—55): „Polysymmetrische Substanzen haben zwei wesentliche Eigenschaften: 1. die Flächen und Spaltungsrichtungen der beiden Typen sind vollkommen analog; 2. bei Aneinanderlagerung derselben sind die analogen Flächen einander parallel. Diese beiden Eigenschaften unterscheiden polysymmetrische Substanzen von polymorphen.“

Beim Vergleich zwischen der alten Anschauung A. Scacchis und der modernen Auffassung durch P. Groth erscheint es fast, wie die Übertragung eines alten Namens auf ein anderes Gebiet, immerhin berühren sich aber beide Auffassungen in einzelnen Beispielen. Scacchi zählt zu den polysymmetrischen Körpern: „das schwefelsaure und chromsaure Kali (zwei- und sechsgliedrig), der zweifach weinsaure Strontian mit 5 Äquivalenten Wasser (zwei- und eingliedrig und eingliedrig) und das zweifach traubensaure Natron (zweigliedrig und eingliedrig). Unter den Mineralien Orthoklas und Albit, die Glimmer (zwei- und eingliedrig und sechsgliedrig), die als Harmotom, Phillipsit, Gismondin u. s. w. bezeichneten (regulären, vier- und zweigliedrigen) Verbindungen, Leadhillit und Susannit (zwei- und sechsgliedrig), Mesotyp und Skolecit (zweigliedrig und zwei- und eingliedrig).“ Groth führt als Beispiele auf: Das Uranylmagnesiumnatriumacetat  $(C_2H_3O_2)_9(VO_2)_3MgNa \cdot 9H_2O$ , das sopropylaminplatinchlorid  $PtCl_6(NH_3 \cdot C_3H_7)_2$ , das Kaliumnatriumsulfat  $(SO_4)_2K_3Na$  und das analoge Chromat  $(CrO_4)_2K_3Na$ , den Kalifeldspat  $Si_3O_8AlK$ . Übereinstimmend gehört also beiden nur an das Sulfat und Chromat, denn Scacchi behandelt tatsächlich auch die Mischungen der Kali- und Natronsalze, aber wir sehen bei ihm den Kreis der zugehörigen

Körper viel weiter gezogen, wie es auch bei der Feldspatgruppe zum Ausdruck kommt. Gerade die Erscheinungen, die die Zugehörigkeit zu den polysymmetrischen Körpern nach der neueren Auffassung bedingen, waren ihm noch unbekannt.

Groth rechnet zu den polysymmetrischen Körpern weiterhin auch den Augit. (l. c. 7.) „Die Verbindung  $SiO_3R$ , wo  $R$  ein zweiwertiges Metall ( $Mg$ ,  $Mn$ ,  $Fe$  u. s. w.), kommt 1. in monoklinen Krystallen vor, welche häufig lamellar zusammengesetzte Zwillinge von anscheinend rhombischer Form bilden, ausserdem 2. in rhombischen Krystallen von genau derjenigen Form, welche resultiert, wenn die Zwillingslamellen der vorigen submikroskopisch werden, endlich 3. in triklinen Krystallen von wesentlich abweichender Form, welche keinerlei Übergang durch Zwillingsbildung zu den beiden ersten zeigt. Hier-nach ist anzunehmen, dass die beiden ersten Formen im Verhältnis der Polysymmetrie die dritte zu ihnen im Verhältnis der Polymorphie, in diesem Falle der Dimorphie, steht.“ Es ist also zunächst zu bemerken, dass hier (wohl zum ersten Male) von P. Groth die Analogie zwischen dem zwillingslamellierten Augit und dem Mikroclin hervorgehoben und auf dieselbe Ursache zurückgeführt worden ist, eine Anschauung zu der dann der Verfasser auf einem wesentlich anderen Wege gelangte. Der Unterschied in der Auffassung der Beziehungen der verschiedenen Modifikationen tritt vielleicht grade bei der Augitgruppe deutlich hervor. Groth setzt alle sich in  $R$  vertretenden Metalle „ $Mg$ ,  $Mn$ ,  $Fe$  u. s. w.“, also auch  $Ca$ , in ihrer Rolle gleich, das ist auch vom Standpunkte seiner Erklärung der Polysymmetrie nicht anders möglich, wenn die rhombischen Augite durch submikroskopische Verzwilligung der monoklinen aufgefasst werden. Unerklärt bleibt dabei die Tatsache, dass grade die rhombischen submikroskopisch verzwilligten Individuen wesentlich Magnesia-Eisensilikate sind, während andererseits die kalkhaltigen so häufig makroskopische Zwillingsbildung erkennen lassen.

Für den Mikroklin gibt R. Brauns (l. c. 135) zu, dass diese Schwankungen (in denjenigen Eigenschaften, welche auf die trikline Natur des Mikroklin hinweisen) „durch die Annahme submikroskopischer Zwillingsverwachsungen und vielfacher Übereinanderlagerungen trikliner Schichten erklärt werden können.“ Auch der Verfasser möchte hier ausdrücklich hervorheben, dass durch seine Betrachtungen der Begriff der Polysymmetrie in keinerlei Weise umgestossen oder ersetzt werden soll. Seine Meinung geht vielmehr dahin, dass für einige von diesen polysymmetrischen Körpern die Ursache ihrer Polysymmetrie in der Labilität der isomorphen Mischungen erblickt werden muss. Für andere kann sie eine ganz andere sein und doch äusserlich zu dem gleichen Resultat führen, ebenso wie die rein kristallographisch zu beobachtende Polymorphie sowohl in chemischer wie in physikalischer Isomerie ihren Grund haben kann. Die Erklärung wird z. B. eine ganz andere sein müssen, wenn es sich um eine Verbindung eines einzigen Metalls handelt. Die Erscheinung der polysymmetrischen Substanzen ist so charakteristisch, dass es sehr gut ist, sie unter einem besonderen Namen zusammenzufassen. Die Existenz submikroskopischer Zwillingsbildung könnte dabei vielleicht sogar Ansichtssache bleiben. Wenn wir durch Erhitzen einer niedriger symmetrischen Form durch immer feiner werdende Zwillingslamellen den Übergang in die höher symmetrische bewirken und dieses absolut kontinuierlich verläuft, so müssen wir schliesslich fragen: wo ist die Grenze, bis zu der die Dünne der Lamellen noch gehen kann? Vom Standpunkte der Strukturtheorie aus gelangen wir schliesslich bei der Grösse des Moleküls zu der Vorstellung von 2 oder  $2n$  ineinander gestellten Punktgittern.

Durch die Einordnung in die Klasse der polysymmetrischen Körper wird der Mikroklin und die rhombischen und monoklinen Augite aus der ganzen Reihe der Feldspat- bzw. Augitgruppe herausgenommen, ganz ebenso wie wenn wir unter die echt

isomorphen Mischungen nur die Plagioklase oder die rhombischen Augite einreihen. Vom Standpunkte des kristallochemischen Gleichgewichts aus können wir die ganze Gruppe begreifen, es ist der weitere Begriff, den wir den engeren Begriffen Isomorphie etc. überordnen.

Die Characteristica die wir am Mikroklin und Augit für das Verhalten von solchen labilen isomorphen Mischungen gewinnen sind die folgenden: 1. Die einzelnen Komponenten sind sich (bei analoger chem. Zusammensetzung) nach ihrer kristallographischen Struktur ähnlich wie isomorphe Körper aber in ihrer Symmetrie verschieden. 2. Beide sind mischbar, insbesondere kann die niedriger symmetrische Komponente auch innerhalb gewisser Grenzen als Beimischung in der höher symmetrischen Form auftreten und so kann eine scheinbare Dimorphie entstehen, bei der sich die beiden Modifikationen geometrisch wie isomorph verhalten und innerhalb enger Grenzen nahezu gleiches spezifisches Gewicht besitzen. 3. Die Eigenschaften dieser Mischungen sind schwankend. 4. Es macht sich eine auffallende Neigung zur vielfachen Zwillingsbildung bemerkbar.

Zur Bestätigung der hier vorgetragenen Ansicht wird es nötig sein, noch weitere Beispiele für eine solche Labilität der Mischung verschieden symmetrischer aber sich nahezu wie isomorph verhaltender Komponenten zu finden. Ein solches scheint unter den Mineralien auch in der Zoisit-Epidotgruppe vorhanden zu sein. Der exakte Beweis wäre allerdings noch durch genauere Untersuchung zu führen, bei der insbesondere die chemische Untersuchung mit der optischen Hand in Hand gehen müsste. Die bisher vorliegenden Tatsachen sind aber immerhin schon genügend, um eine solche Beziehung wahrscheinlich zu machen. Sie sind, in der obigen Reihenfolge betrachtet, folgende:

1. Der Zoisit  $H_2 Ca_4 Al_6 Si_6 O_{26}$  ist rhombisch, der Epidot, die Mischung dieses Silikates mit dem analogen  $H_2 Ca_4 Fe_6 Si_6 O_{26}$  ist monoklin. Die Winkelverhältnisse ermöglichen die Gegen-

überstellung der Achsenverhältnisse wie bei zwei isomorphen Körpern<sup>1)</sup>.

Zoisit  $a : b : c = 2.9158 : 1 : 1.7900$ ;  $\beta = 90^\circ$

Epidot  $a : b : c = 2.8914 : 1 : 1.8057$ ;  $\beta = 98^\circ 57'$ ,

2. Infolge der Mischbarkeit beider Silikate sowohl im rhombischen als im monoklinen Zustand ist auch für die Epidotgruppe von vielen Autoren eine Dimorphie angenommen worden. Die dimorphen Glieder würden sich also auch hier ähnlich wie isomorphe Körper verhalten (Spez. Gewicht bei Zoisit 3,25—3,36 bei Epidot 3,32—3,49), deshalb bemerkt C. Hintze<sup>2)</sup>. „Es scheint aber die Annahme einer Dimorphie überhaupt weder nötig noch gerechtfertigt zu sein, solange wir keinen Zoisit kennen, der eisenreicher wäre als der eisenärmste Epidot; vielmehr lehren uns die bis jetzt bekannten Thatsachen, dass das rhombische Silicat  $H_2Ca_4Al_6Si_6O_{26}$  nur eine begrenzte Menge Eisen aufnehmen kann, über welche hinaus die Mischung monosymmetrisch krystallisiert.“

3. Die optischen Eigenschaften des Zoisit sind schwankend und sogar in einunddemselben Individuum partiell verschieden, sodass man zwei verschiedene Zoisite,  $\alpha$ -Zoisit und  $\beta$ -Zoisit, unterschieden hat<sup>3)</sup>. Ebenso verhalten sich die monoklinen Epidote, der gewöhnliche Epidot ist stark doppelbrechend und optisch negativ, der Klinozoisit ist (wie der Zoisit) schwach doppelbrechend und optisch positiv.

4. Schon beim Zoisit findet sich eine häufige Zwillingsbildung „in ähnlichem Aufbau, wie die nach dem Periklingesetz polysynthetischen Plagioglaszwillinge“<sup>4)</sup>; verzwillingt mit einander sind auch gerade die  $\alpha$ - und  $\beta$ -Zoisite<sup>5)</sup>.

1) P. Groth, Tabellarische Uebersicht der Mineralien 4. Aufl. 1898. 120. (nach Weinschenk).

2) Handbuch d. Min. II. 199.

3) P. Termier, Bull. Soc. Fr. de min. 21. 1898. 148—170.

4) C. Hintze, l. c. 201.

5) Termier l. c.

Auf den komplizierten verzwilligten Aufbau des Epidot hat C. Klein<sup>1)</sup> aufmerksam gemacht. Er bemerkt für den Sulzbacher Epidot: „Im Allgemeinen muss man sowohl bei der mikroskopischen Untersuchung, als namentlich auch bei der Durchmusterung dickerer Präparate mit der polarisierenden Loupe sich wundern, zu sehen, wie ein äusserlich so vollendet gebildetes Material, innerlich doch so wenig homogen und meist durch die eigene Substanz in anderer Stellung so sehr gestört erscheint.“

Es ist also mindestens sehr wahrscheinlich, dass wir auch in der Epidotgruppe einen Beleg für unsre Ansicht finden können. P. Groth erklärte sich 1898<sup>2)</sup> für „zwei dimorphe Reihen, deren Formen in einer sehr nahen Beziehung zu einander stehen, indem die höher symmetrischen, diejenigen der rhombischen Reihe, als aus dünnsten Zwillinglamellen der monoklinen Form aufgebaut betrachtet werden können“. Damit würde also die Zoisit-Epidotgruppe nach der später (1904<sup>3)</sup> gegebenen Definition von demselben Autor in die Klasse der polysymmetrischen Körper eingereiht werden müssen, wenn sie auch unter den Beispielen nicht mit genannt ist.

Die übereinstimmenden Eigenschaften der drei hier behandelten Mineralien, Mikroklin, Augit und Epidot sind zu auffallend und zu charakteristisch, als dass wir es einem Zufall zuschreiben dürften. Von ganz besonderer Wichtigkeit wird es aber sein müssen, die hier als wahrscheinlich erkannten Beziehungen auch an künstlichen Substanzen zu prüfen und womöglich experimentell zu beweisen. Die Erscheinungen der Polysymmetrie können dabei vielleicht einen guten Wegweiser abgeben, insbesondere dürfte sich danach eine Untersuchung der wasserfreien Alkalisulfate unter dem

---

1) Neues Jahrbuch f. Min. etc. 1874. 11—13.

2) Tab. Uebersicht l. c.

3) Einl. in d. chem. Krystallographie.

Gesichtspunkte des kristallochemischen Gleichgewichts als lohnend erweisen. Die nahestehenden Glieder dieser Gruppe wie das Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalz sind absolut isomorph, wie die Untersuchungen von Tutton<sup>1)</sup> beweisen. Weiter ab stehen das Ammonium-, Lithium- und Natriumsalz. Ein so beträchtlicher Abstand wie der zwischen dem Kali- und Natronsulfat in der isomorphen bez. morphotropen Reihe wird nach unserer Auffassung auch innerhalb desselben Kristallsystems, die gleiche Wirkung äussern, wie das Überschreiten der Symmetriegrenze, denn beides ist nur eine Folge derselben Ursache. Wenn wir also in dieser Reihe die Doppelsulfate  $SO_4LiK$  und  $SO_4LiNH_4$  und das Kaliumnatriumsulfat  $(SO_4)_3K_2Na$  nach P. Groth<sup>2)</sup> unter den polysymmetrischen Körpern finden, so werden wir auch dies schwerlich einem blossen Zufall zuschreiben wollen.

Es ist nötig, hier auch noch die Frage nach der Bildung von Doppelsalzen zu erörtern. Diese stehen den echten isomorphen Mischungen in allen Verhältnissen entschieden gegenüber und gerade aus diesem Gegensatze heraus sind die physikalischen Eigenschaften der isomorphen Mischungen und der Doppelverbindungen durch zahlreiche wichtige Arbeiten (unter ihnen nicht zum wenigsten auch durch die verdienstvollen Untersuchungen von J. W. Retgers) beiderseits geklärt worden. Von dem hier vertretenen Standpunkte aus ist dieser Gegensatz auch ohne weiteres verständlich und es bereitet keine Schwierigkeit, wenn wir den Mischungen additive, den Doppelsalzen konstitutive Eigenschaften zuschreiben müssen. Was wir tatsächlich beobachten ist folgendes: Alle sich nahe stehende (im engeren Sinne isomorphe) Komponenten, die in Mischkristallen von jedem beliebigen Verhältnis auftreten, zeigen auch keine Neigung zur Bildung von Doppelsalzen, je weiter die Komponenten einer Reihe von einander abstehen,

---

1) Zeitschr. f. Krist. 24. 1895. 1; 27. 1898. 252.

2) l. c. 6. 7.

umsomehr sehen wir die Neigung zur Bildung von Doppelsalzen hervortreten. Sehen wir nun auch, dass in solchen Fällen die wirklichen Mischungen sich labil verhalten, so können wir das Zustandekommen von Doppelsalzen, die zweifellos eine höhere Stabilität (eben grade auch durch ihre konstitutiven Eigenschaften) besitzen, wohl verstehen.

Die Erscheinungen der Polysymmetrie an Doppelsalzen deuten darauf hin, dass auch diese vielleicht infolge des morphotropen Abstandes ihrer Komponenten labile Eigenschaften besitzen können. Wenn diese Doppelsalze geometrisch in naher Beziehung zu den Komponenten stehen d. h. mit ihnen geometrisch isomorph sind und nur in ihren physikalischen Eigenschaften sich anders als zwei echt isomorphe Mischungen der beiden Komponenten zu je 50% verhalten, so werden wir daraus nur schliessen, dass dieses Gesetz der additiven Eigenschaften nur für isomorphe Mischungen sehr nahe stehender Komponenten gilt, werden aber nicht zur hypothetischen Annahme einer Dimorphie zurückzugreifen haben (vergl. oben Seite 5), um irgend eine nähere isomorphe Beziehung zu konstruieren, die nicht vorhanden ist.

Wir erkennen auch darin wieder einen Vorteil der hier vertretenen Auffassung, der uns zu der Hoffnung berechtigt, dass sich auch durch das Studium solcher an den Grenzen der Isomorphie stehender Glieder werden Aufschlüsse zur weiteren Erkenntnis der morphotropischen Beziehungen gewinnen lassen.

---

# Sitzungsberichte

der

## Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

---

---

N. 4

Mai

1907

---

---

In der ordentlichen Sitzung vom 8. Mai sprach Herr W. Harms (als Gast) über

### **Die Entwicklungsgeschichte der Najaden und ihr Parasitismus.**

Unsere grössten und häufigsten Süsswassermuschel sind die Najaden oder Unioniden, deren hauptsächlichsten Vertreter Anodonta, Unio und Margaritana margaritifera sind. Anodonta piscinales, unsere Teichmuschel, kommt in stehendem, Unio und Margaritana dagegen in fliessendem Wasser vor.

Die letztere Muschel, unsere einheimische Perlmuschel, findet sich hauptsächlich in den kleinen Gebirgsbächen Sachsens und des Hunsrücks. In früheren Jahrhunderten war ihre Verbreitung eine viel grössere, da man sie mit grosser Sorgfalt hegte und pflegte. Nach v. Hessling „Die Perlmuschel“ haben sie denn auch in jener Zeit eine nicht unbeträchtliche Menge von brauchbaren Perlen geliefert.

Die Unioniden haben eine recht eigenartige Entwicklung; ihre Larven leben nämlich einige Zeit parasitisch an Fischen. Dieses Verhalten ist die Ursache gewesen, dass ihre Entwicklungsgeschichte lange Zeit unbekannt blieb. Ende vorvorigen Jahrhunderts hat Rathke zuerst den reifen Muschelembryo in den Kiemen der Muschel entdeckt, er hat ihn aber für

einen fremden Parasiten gehalten und mit „Glochidium parasiticum“ bezeichnet. Dasselbe Glochidium hat zuerst Leydig an Fischen parasitierend gefunden; ihm ist die Aufklärung des Entwicklungsganges der Najaden zu danken. Weitere Untersuchungen sind dann von Flemming, Rabl, Schmidt, Schierholz und Lillie angestellt worden.

Ich will nun in kurzen Zügen einen allgemeinen Ueberblick über die Entwicklung der Najaden zu geben versuchen, soweit sie mir z. T. aus der Literatur, z. T. nach eigenen Untersuchungen bekannt ist.

Die Unioniden sind getrennt-geschlechtlich, nur selten findet man Zwitterformen vor. Die in den Ovarien gebildeten Eier gelangen vom Eileiter aus in die inneren Kiemen, wohin mit dem Atemwasser Spermatozoen kommen. Unter gleichzeitiger Befruchtung werden die Eier darauf in die Kloake getrieben und gelangen von hier in die äusseren Kiemen, wo sie in die Brutfalten abgelagert werden. Die Eier sind sehr zahlreich, bei Anodonta z. B. sind es 500 000—1 000 000.

Die embryonale Entwicklung ist bei Unio und Anodonta und auch bei der Perlmuschel im wesentlichen dieselbe.

Das ungefurchte Ei hängt mit der Eihülle durch die Mikropyle zusammen, gegenüber liegen die Richtungskörperchen. Der animalische Pol, der das Ektoderm bildet, und der vegetative Pol, von dem das Entoderm ausgeht, sind schon festgelegt, bevor das Ei das Ovarium verlässt.

Die erste Furchung, wie auch durchweg die weiteren, sind inaequal.

Im zweizelligen Stadium ist die kleinere Keimzelle, die Mikromere, hell, die grössere dagegen, die Makromere, dunkler gefärbt. Die Furchung geht dann ziemlich schnell weiter, es folgt das 4 zellige, 8 zellige, 16 zellige Stadium und so fort, bis es zur Bildung der Gastrula kommt, indem sich die entomeren Zellen bedeutend vermehren und sich einstülpen. Während der Gastrulation bilden sich an der dorsalen Seite

grosse Zellen, die sich ebenfalls einlagern und die Anlage der Schalendrüse bilden.

Die Entwicklung der ektodermalen Organe gestaltet sich nun folgendermassen. Sofort nach der Bildung der Schalendrüse entsteht die Schale aus einer durchsichtigen Masse, die in der Einstülpung abgesondert wird. Die Schale ist zuerst unpaar, sie biegt sich dann aber um und wird zweiklappig. Unterhalb der Invagination bildet sich die Oralplatte oder der Mundschild, wie er auch von einigen Autoren genannt wird, woraus später der Oesophagus entsteht. Der Blastoporus schliesst sich dann und die ventrale Platte nimmt gleichzeitig an Ausdehnung zu; sie ist mit Wimpern bedeckt und wird daher auch als Wimperschild bezeichnet. Eine Rotation in der antero-posterioren Achse findet nur bei *Anodonta* statt, obwohl bei *Unio* auch Wimpern vorhanden sind, letztere können daher nicht die alleinige Ursache der Rotation sein. Auf Schnitten bemerkt man innerhalb des hinteren Endes der Schalendrüse sechs grosse Zellen, die als die Anlage der Fadendrüse zu bezeichnen sind; der später zu erwähnende Larvenfaden wird allein von der im Centrum befindlichen Zelle gebildet, die übrigen fünf Zellen bilden dann den Rand der Drüsenöffnung. Die Fadendrüse verlagert sich im Lauf der Entwicklung zum vorderen Ende des Körpers und geht an die grossen Zellen des larvalen Mantels. Nach der Einlagerung des Mantels schlingt sich der Faden zwei bis drei mal um den Adduktorenmuskel. Für den Larvenfaden hat man bisher noch nichts analoges gefunden, er ist ein typisches provisorisches Larvenorgan und zwar leitet sich dieses Organ von den Zellen der rudimentären Kopfanlage her. Es bleibt nur noch die Anlage des larvalen Mantels zu erwähnen übrig, der alle Zellen von dem Blastoporus bis zur Oeffnung der Fadendrüse einschliesst.

Die Mundplatte, deren Zellen alle cylindrisch sind, liegt in der Mitte dieser Anlage. In dieser Zeit erscheinen auch die Haarbündel, die beim *Glochidium* eine Rolle spielen. Es

sind in diesem Stadium drei Paar Haarbündelzellen vorhanden, deren jede 3—5 Sinneshaare trägt, sie liegen an jeder Seite der Fadendrüse, der Mundplatte und der Ventralplatte.

Aus dem Mesodermkomplex gehen einmal der Adduktor und die Myocyten oder Strangzellen und dann auch wahrscheinlich Niere, Herz und Pericard hervor.

Von den entodermalen Organen ist nur das Entoderm-säckchen zu erwähnen, welches sich nach Schluss des Blastoporus als Zellklumpen an das Ektoderm anlagert.

In diesem Stadium kann man die junge Unionidenlarve noch am besten mit dem Trochophorastadium der marinen Lamellibranchiaten und Dreissensia vergleichen, obwohl die Rückbildung hier so stark ist, dass man die Trochophora nur noch sehr schwer erkennen kann.

Ich will zunächst etwas näher auf die Vergleichungspunkte der Anneliden- und Molluskentrochophora eingehen. Außerlich ist hier wie dort ein Velum vorhanden, das mit ringförmig angeordneten Cilien bekleidet ist. Im Innern finden wir den ganz gleichartig gelagerten Darmkanal vor, der bei beiden aus den gleichen Anlagen hervorgegangen ist. Bei älteren Stadien finden wir das gleiche Exkretionsorgan, auch die Otolithen bilden sich an derselben Stelle aus. Die Muskelfasern ziehen fast dieselbe Richtung bei beiden. — Die Verschiedenheiten treten weit stärker in den Hintergrund. Es fehlen z. B. der Trochophoralarve von Dreissensia die Ringnerven und die Ringmuskeln, ebenso ein postoraler Wimpernkranz, der am Aufbau des Velums der älteren Annelidentrochophora sehr beteiligt ist. Bei der Molluskentrochophora ist vor allem die Schalendrüse als ein ganz specielles Molluskenorgan typisch, ebenso der Fuss und specialisierte Muskelsysteme. Die anfangs so geringen Abweichungen nehmen nun im Lauf der Weiterentwicklung stets an Umfang zu. Gemeinsam ist nur beiden Gruppen, sowohl den Anneliden wie Mollusken, der Ursprung, dessen Zeuge die Trochophoralarve ist. Bei den Unioniden nun ist das Trocho-

phorastadium sehr undeutlich, was auf die Anpassung an das parasitäre Larvenleben zurückzuführen ist. Der Wimpernschild entspricht vielleicht den analen Wimpernbüscheln der Trochophoralarve, dem Velum wahrscheinlich die vorher erwähnte Kopfanlage, eine breite Partie, die vor der Schale und dem Entodermsäckchen gelegen ist.

Der Uebergang der jungen Larve in das Glochidium ist durch eine Reihe von Aenderungen und Verschiebungen der Zellen und Zellgruppen bedingt, auf die ich hier nicht näher eingehen kann. Das fertige Glochidium, ich nehme hier zunächst

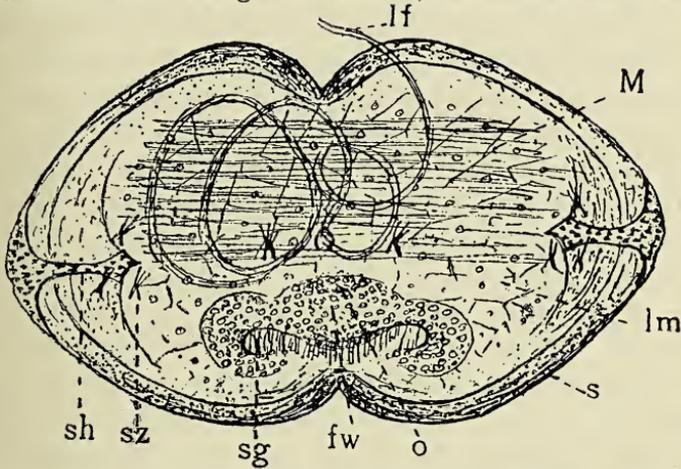


Fig. 1. Glochidium von Anodonta. Vergr. = 180.

*fw* = Fusswulst, *M* = embryonaler Muskel, *lm* = larvaler Mantel, *lf* = Larvenfaden, *o* = Oralplatte, *s* = Schale, *sg* = seitliche Grube, *sh* = Schalenhaken, *sz* = Sinnesbasalzellen.

das von Anodonta (Fig. 1), hat zwei starke dicke Schalen, die von zahlreichen kleinen Poren durchbrochen sind. Jede Schale besitzt einen starken nach innen gebogenen Haken, der bei Anodonta viel stärker ist als bei Unio und Margaritana. Die Schalen sind durch ein Schloss miteinander verbunden. Die Schlosslinie ist stark und ausgedehnt, an ihr verläuft ein dickes inneres Ligament. Die Höhlung der löffelförmigen Schalen ist von den grossen platten, mit Vakuolen durchsetzten Zellen des larvalen Mantels begrenzt. Der larvale

Mantel trägt vier Paar Bündel von steifen Sinneshaaren. Drei Paar dieser Haarbündel liegen im Bereich der Schalenhaken, sie sind an jeder Seite so angeordnet, dass sie die Ecken eines rechtwinkligen Dreiecks bilden. Das vierte Paar liegt an den Seiten der Fadendrüse. Der Adduktor ist besonders bei *Anodonta* stark entwickelt, sodass die embryonalen Organe ganz nach hinten zu gedrängt sind. Bei *Margaritana* dagegen nehmen dieselben einen weit grösseren Raum ein, demgemäss ist auch der Muskel schwächer entwickelt. Als ganz typisches Larvenorgan ist der Larvenfaden anzusehen. Der Larvenfaden entsteht aus der Fadendrüse, er umschlingt den Adduktor einige Male, kommt dann bei *Anodonta* etwa in der Mitte des Glochidiums zum Vorschein und hat ungefähr eine Länge von 10—15 mm. Bei *Margaritana* und *Unio* kommt der Larvenfaden ganz am vorderen Ende heraus.

Die embryonalen Organe liegen im hinteren Teile des Glochidiums. Nach vorne zu gelegen sieht man eine Invagination, der spätere Oesophagus. Die Partie von der Mundplatte an bis ganz nach hinten zu wird als ventrale Platte bezeichnet. In der Mitte gleich hinter der Mundplatte liegt der Fusswulst, und zu beiden Seiten davon die seitlichen Gruben, aus deren äusseren Wülsten die Kiemenpapillen später hervorgehen. Fusswulst und seitliche Gruben sind bei *Anodonta* mit schwachen Wimpern bedeckt, die jedoch bei *Margaritana* bedeutend stärker entwickelt sind. Unter dem hinteren Teile des Ektoderms liegt das Entoderm-säckchen, das sich schon oft der Mundplatte angelagert hat und die ersten Anlagen der Leberdivertikel zeigt. Ebenso sind die Cerebral- und Visceralganglien in der Anlage im Glochidium vorhanden.

Die reifen Glochidien von *Anodonta* überwintern in den äusseren Kiemen, um dann im Frühling ausgestossen zu werden, etwa im März und April. Reife Glochidien von *Unio* findet man im Mai und Juni, während *Margaritana marg.* erst im Juli und August reife Glochidien ausstösst.

Die Glochidien werden ganz allmählich ausgestossen unter fortwährender Wanderung der Muschel. Kleine Fische umspielen die Muscheln in dieser Zeit in grossen Mengen, da sie die Glochidien als Nahrung ansehen. Die Glochidien nun hängen, nachdem sie ausgestossen sind, mit ihren Larvenfäden aneinander und bilden lange im Wasser flottierende Fäden. Sobald nun ein Fisch, gewöhnlich sind es Weissfische und Elritzen, mit einer solchen Masse von zusammenhängenden Glochidien in Berührung kommt, haftet sich ein Glochidium an den Flossen des Fisches fest, indem es die

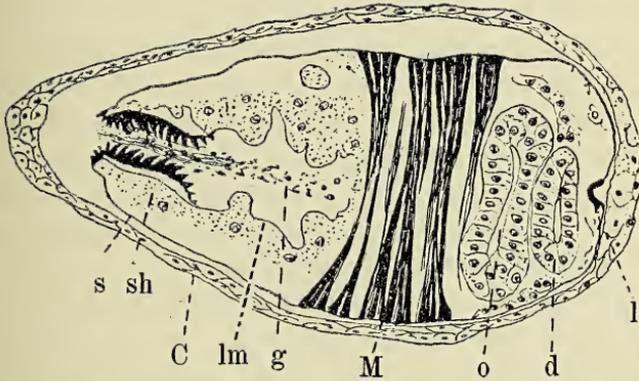


Fig. 2. Glochidium von *Anodonta*, 12 Stunden nach der Infektion. Vergr. = 220.

*C* = Cyste, *d* = Darm, *g* = zerfallende Gewebe, *l* = Ligament, *lm* = larvaler Mantel, *M* = embryonaler Muskel, *o* = Oesophagus, *s* = Schale, *sh* = Schalenhaken.

Schalen mit einem kräftigen Ruck zuklappt und sich mit den als Widerhaken wirkenden Schalenhaken (Fig. 2) festhaftet. Die Anodontalarven haften sich gewöhnlich an die Epidermis des Fisches an Flossen, Mund und Kiemendeckel, während die Glochidien von *Unio* und *Margaritana* ausschliesslich Kiemenparasiten sind. Sie gelangen mit dem Atemwasser in die Kiemen, weil sie bedeutend kleiner sind als die *Anodonta*-glochidien.

Sobald sich nun ein Glochidium an einen Fisch festhaftet, zerreisst das Epithel bis zur Basalmembran, die der Parasit in Form einer Falte ergreift und somit zwischen seine beiden Mantelhälften bringt. Die Epidermis beginnt sofort an den Schalen des Glochidiums emporzuwuchern und umgiebt es in kurzer Zeit mit einer dicken Cyste. Die grossen larvalen Mantelzellen senden nun zahlreiche protoplasmatische Fortsätze (Fig. 2) aus, durch die dann die Nahrung, bestehend aus zerfallenden Epithelzellen, Blutkörperchen und Leukocyten intracellulär aufgenommen wird. Die einwandernden Leukocyten bilden im Glochidium einen eigentümlichen Detritus, der, wenn er nicht allzumässig auftritt, vom Glochidium verzehrt wird, anderenfalls jedoch wird auch das Glochidium von den Leukocyten zerstört und dann vom Fisch resorbiert. Wir haben hier einen Fall einer phagocytären resp. cytolytischen Verteidigungsreaktion von Seiten des Fisches durch die Leukocyten, die aber meistens günstig für das Glochidium verläuft. Der Zerstörungsprozess des Glochidiums muss im Zusammenhang mit der Fähigkeit der Organismen, spezifische Zellgifte, cytolytische Substanzen zu bilden, gebracht werden, wie sie in neuerer Zeit von bekannten Forschern, z. B. Metschnikoff, festgestellt worden ist.

Ich gehe nun auf die Veränderungen über, die das Glochidium während der parasitären Lebensweise erleidet. In erster Linie werden die Larvenorgane, wie der Larvenfaden, und die Sinnesborsten mit ihren Basalzellen resorbiert. Die Fussanlage vergrössert sich bald beträchtlich und schiebt die Mundöffnung nach vorne; die Cerebralganglien vergrössern sich bedeutend, lösen sich los und bilden etwa am vierten Tage die Quercommissur, indem die Ganglienkomplexe sich spindelförmige Zellen entgegensehenden. Der äussere Rand der seitlichen Gruben bildet die Kiemenpapillen. Die Nierenanlagen, die zuerst plasmareiche Zellen mit grossen Kernen darstellen, vergrössern sich zu Schläuchen, mit denen die Anlage von Herz und Pericard, die den Enddarm als einen

Zellstrang umgibt, in Verbindung steht. Der ektodermale Oesophagus und das Proktodäum bilden sich ebenfalls schon sehr früh. Der embryonale Muskel beginnt, nachdem sich der Fuss immer mehr vorgedrängt hat, zu schwinden. Er zerfällt allmählich und wird resorbiert. Etwa am neunten Tage beginnen sich die definitiven Muskel zu bilden und zwar im Gegensatz zu fast allen andern Muscheln zuerst der hintere. Die Pedalganglien haben sich in diesem Stadium schon als ektodermale seitliche Verdickungen des Fusses abgeschnürt und verlagern sich nun ins Innere des Fusses. Fast gleichzeitig mit der Bildung der Pedalganglien erfolgt

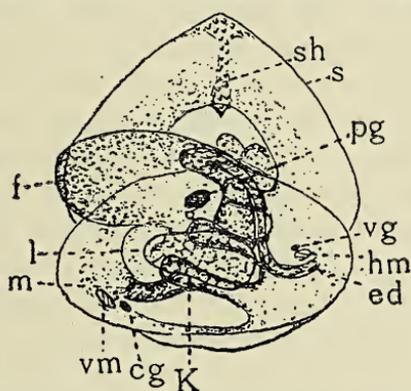


Fig. 3. Soeben aus der Cyste freigewordene junge Najade. Vergr. = 110.

*ed* = Enddarm, *f* = Fuss, *cg* = Cerebralganglion, *vg* = Visceralganglion, *pg* = Pedalganglion, *k* = Kieme, *l* = Leber, *m* = Mund, *vm*, *hm* = vorderer und hinterer Muskel, *s* = Schale, *sh* = Schalenhaken.

auch die Bildung der paarigen Byssusdrüse, deren beiden Anlagen sehr nahe aneinander liegen, sodass beim Einlagern in das Innere des Fusses die Fussrinne entsteht. Die Otolithenblasen bilden sich ebenfalls als seitliche Einstülpungen am Fusse und sind etwa am 10.—12. Tage schon gut ausgebildet. Nach Ausbildung des Darmkanals hört auch die intracelluläre Nahrungsaufnahme allmählich auf. Das definitive Mantel-epithel beginnt von allen Seiten her zu wuchern und drängt

die embryonalen Mantelzellen immer näher zusammen, bis sie schliesslich aufgezehrt werden. Bei den reifen Parasiten, den jungen Najaden (Fig. 3), sind die embryonalen Mantelzellen vollständig aufgezehrt. Die Zellen des Mantelrandes bestehen aus hohem Cylinderepithel, das einen Wulst nach innen bildet. Der Fuss und die Kiemen, es sind gewöhnlich 3—4 Paar Kiemenpapillen vorhanden, füllen den ganzen Mantelraum aus. Der Fuss ist an seiner vorderen Partie stark bewimpert, ebenso die Kiemenpapillen und die hintere und vordere Partie des Mantelrandes. Der Mund trägt zu beiden Seiten paarige Wülste, die die Anlagen der Mundsegel darstellen. Meistens sind diese Wülste schon bewimpert. Die Ganglien sind alle mächtig entwickelt und sind durch Kommissuren verbunden. Bei den Pedalganglien bilden sich dieselben, indem sich die länglichovalen Komplexe dicht aneinanderlegen und dann an der Berührungsstelle verschmelzen. Die beiden Muskel sind vollständig entwickelt, ebenso die Retraktoren des Fusses, die sich von den Muskeln abspalten. Der Darmkanal ist noch einfach in seinen Windungen, es ist erst eine Fusswindung ausgebildet, während bei Erwachsenen deren drei vorhanden sind. Der Magen ist mit Wimpern dicht besetzt, die den Inhalt in lebhaftere Rotierung versetzen. Auch der Kristallstielblindsack ist als rechtsseitliche hintere Ausstülpung am Magen vorhanden. Die Leberlappen, an jeder Seite des Magens ein kleinerer vorderer und ein grösserer hinterer, münden mit grosser Oeffnung frei in den Magen. Die Zellen der Leber sind gross und reichlich mit Vakuolen durchsetzt. Herz und Perikard sind noch nicht wesentlich weiter entwickelt, sie umgeben als dicken Strang den Enddarm. Die seitlich vom Enddarm gelegenen Nieren bilden mächtige Schläuche, von länglich ovaler Gestalt, die sich etwas nach innen zu umbiegen.

Bei *Unio* und *Margaritana* liegen die Verhältnisse ähnlich, wenigstens verlaufen die Veränderungen der inneren Organe fast ebenso wie bei *Anodonta*.

Die Dauer des Parasitismus bei Anodonta schwankt sehr, sie ist in erster Linie von der Temperatur abhängig. Die gewöhnliche Dauer ist 70 Tage. Ich habe nun infizierte Fische verschiedenen Temperaturen ausgesetzt. Eine Kultur, die ca.  $16^{\circ}$  C. hatte, zeigte eine Infektionsdauer von ca. 22 Tagen, eine andere von ca.  $18-20^{\circ}$  C. gar von 12 Tagen. Hatte ich jedoch eine Temperatur von  $8-10^{\circ}$  C., so dauerte die Infektion reichlich 80 Tage und länger. Auch von der Ernährung scheint die Dauer abzuhängen, denn Glochidien, die an einem ungünstigen Orte, also nicht direkt an einem kleinen Blutgefässe sassen, fielen viel später ab, als andere günstiger placierte.

Sobald ein Glochidium in der Cyste reif geworden ist, macht es mit seinem mächtigen Fusse lebhaft Bewegungen in der Cyste, um diese zu sprengen, was um so leichter ist, je lockerer das Gewebe schon während der Dauer der Infektion geworden ist. Oft liegen reife Parasiten schon halb frei von der Cyste, die durch Vakuolen locker wird, und nach aussen zu leicht abgerieben wird. Der Parasit braucht in diesem Falle nur seine Schalen zu öffnen, um zu Boden zu fallen. Die reifen Parasiten oder jungen Najaden von Anodonta haben etwa eine Grösse von 0,35 mm, und ein bräunliches Aussehen. Sobald eine junge Najade den Wirt verlassen hat, bleibt sie zunächst ruhig liegen, bald aber beginnt sie ihren langen Fuss, der etwa ebenso lang ist wie das Tier selbst (Fig. 4), herauszustrecken, um die ersten Kriechversuche zu machen. Sie kriecht in der Weise, dass sie den bewimperten Fuss auf der Unterlage entlang gleitend ausstreckt und dann unter Zuklappen der Schalen sich nachzieht. Die Bewegungen sind äusserst lebhaft und ruckweise, ganz im Gegensatze zu den trägen alten Muscheln. Die eben ausgeschlüpften Najaden suchen dann in Schlamm-partikelchen zu gelangen, wo sie wieder einige Zeit halb offen liegen bleiben. Das Atemwasser wird durch die Bewegung der Wimpern des Mantelrandes und der Kiemenpapillen in Bewegung gesetzt.

Infolge ihrer geringen Grösse hat man ganz junge Najaden noch nie gefunden, die kleinsten, die Schierholz z. B. fand, waren 5 mm gross. Es sind häufig Versuche gemacht worden, die jungen Najaden zu züchten, jedoch mit sehr geringem Erfolge. Braun z. B. hat seine Najaden 14 Tage, Schmidt einige wenige noch bis vier Wochen lebend erhalten, etwas weiter kam Schierholz, er brachte einen kleinen Prozentsatz seiner Kulturen noch auf fünf Wochen. Jedoch haben alle genannten Autoren kein wesentliches Wachstum erzielen können, die Najaden nahmen nur um 0,05 mm in der Länge zu, während in der inneren Organisation kaum eine Veränderung zu konstatieren war. Ich habe mich nun ebenfalls etwas mit der Zucht der jungen Najaden befasst. Ich habe sie in Schalen mit wenig Sand und sehr feinen Schlamm gebracht, und von Zeit zu Zeit Aufgüsse von Infusorien dazu gesetzt, weil die mutmassliche Nahrung aus Pflanzenresten, Infusorien und Kieselalgen bestehen musste. Nach einigen verfehlten Versuchen gelang es mir dann auch, die Najaden ganz gut gedeihen zu sehen. Es gelang mir, meine Najaden über 7 Wochen lang am Leben zu erhalten, worauf sich dann in allen meinen Kulturen, auch den noch jüngeren, plötzlich Krebse in grosser Zahl entwickelten, die mir meine Kulturen völlig zerstört haben. Meine ältesten Najaden hatten von 0,35 auf 1,1 mm in der Länge zugenommen und waren in ihrer äusseren Gestalt schon ganz den alten Muscheln ähnlich.

Ich will nun noch kurz auf die Veränderungen eingehen, die die Najaden in der nachparasitären Entwicklung erleiden, so weit es mir möglich ist. Wie wir gesehen haben, verlässt der reife Parasit den Wirt schon sehr weit ausgebildet. Es fehlen ihm noch die Siphonen, die Lippentaster, die äusseren Kiemen und Geschlechtsdrüsen. Die Lippentaster sind allerdings im reifen Parasiten schon deutlich angelegt, sie kommen jedoch jetzt erst zur Ausbildung. An jeder Seite des Mundes bilden sich zwei nebeneinander liegende Wülste, die sich nach vorne zu um den Mund schliessen und nach hinten zu

am Fusse verlaufen. Man ist gewöhnlich geneigt, die Lippentaster als modifizierte Kiemen aufzufassen, was jedoch nach der eben beschriebenen Entwicklung wenig glaublich erscheint, denn die Lippentaster entstehen ganz selbständig von den Kiemen. Die Kiemenpapillen vermehren sich sehr lebhaft, sie stehen in schräger Richtung nach vorne zu mit der Längsachse des Tieres; sie schlagen sich schliesslich um, werden so zweischichtig und verschmelzen dann. Die äusseren Kiemen kommen erst im dritten Jahre zur Ausbildung und zwar in derselben Weise. Der Darmkanal erleidet noch in sofern eine Veränderung, als sich im Fusse, der jetzt noch wesentlich grösser und breiter wird, die typischen drei Windungen des Darmes bilden. Die Siphonen werden durch Verschmelzen der hinteren beiden Kiemenpapillen gebildet. Auch die Fransen des Mantelrandes am hintern Körperende kamen bei meinen ältesten Najaden in Form von kleinen Papillen zum Vorschein. Es bleibt nun noch die weitere Ausbildung der Niere und damit Hand in Hand die des Pericards und Herzens übrig.

Wir haben gesehen, dass die Nieren bei der eben freilebenden Najade länglich-ovale Schläuche waren, die zu beiden Seiten des Enddarms lagen. Diese Schläuche krümmen sich alsdann unter beträchtlichem Längenwachstum immer mehr nach aussen. Der ursprünglich äussere Schenkel schiebt sich dann gegen die Mittellinie über den andern hinweg, der innere Schenkel wächst zur Mittellinie hin, um sich ventral vom Darne mit dem entsprechenden andern Schenkel zu vereinigen. Im weiteren Verlaufe bilden sich dann die Nierenausführgänge und die Perikardialnierengänge.

Herz und Perikard sind im reifen Parasiten noch als ein Zellring um den Enddarm herum angelegt. Aber schon an vier Tage freilebenden Najaden kann man deutlich Herzkontraktion wahrnehmen. Schnitte durch solche Najaden zeigten dann auch schon die völlige Ausbildung von Herz und Perikard, die durch eine Reihe von komplizierten Spaltungen

des Zellringes zustande gekommen ist. Ueber die Bildung der Geschlechtsorgane vermag ich nichts genaueres zu sagen, doch glaube ich, nach den Untersuchungen von Meisenheimer an Dreissensia, Zellgruppen, die als Verdickungen des Perikards auftreten, als die Anlagen derselben deuten zu müssen.

Zum Schluss will ich noch auf die Bildung der Schale eingehen. Bei dem reifen Parasiten ist überhaupt noch keine Veränderung der Schale eingetreten. Ab und zu bemerkt man jedoch bei lange Zeit parasitierenden Larven schon eine Veränderung am Ligament, das, obwohl es noch wie beim Glochidium ein Inneres ist, doch jetzt nur noch ein Oeffnen der Schalen um etwa  $90^{\circ}$  zulässt, während ein Glochidium sie um  $180^{\circ}$  öffnen kann. Es wächst nämlich von den ventralen Seiten des inneren Ligaments aus ein feines Häutchen unter den alten Schalen, welche die künftige definitive Schale darstellt. Das Ligament wird auf diese Weise in Bezug auf die definitive Schale zu einem äusseren, wie es auch bei den alten Muscheln der Fall ist. Schon am zweiten Tage, an dem die jungen Najaden freileben, sieht man an der vorderen Seite die neue Schale unter der alten hervorkommen. Es wächst nun zuerst die vordere Partie der Schale etwas stärker, darauf auch die hintere und dann erst kommt die definitive Schale auch unter den Spitzen der embryonalen Schale zum Vorschein. Die Schalenhaken, die hier dem Wachstum sehr hinderlich sind, werden zum Teil durch das Anwachsen der Schale, zum Teil durch die Bewegungen des Fusses nach aussen gedrängt und sitzen dann wie auch die Embryonalschale der neuen auf.

Die definitive Schale zeichnet sich durch ein helles Aussehen aus und hebt sich scharf von der braun-gelb gefärbten Embryoschale ab (Fig. 4). Zehn Tage alte Najaden zeigen schon recht bedeutende Zuwachsstreifen, die vorn am stärksten sind. Man kann jetzt auch schon deutlich die Kalkprismen in der Schale erkennen, die dadurch, von oben gesehen, gekörnelt erscheint. Der Fuss erleidet von jetzt an auch Veränderungen, er wird namentlich hinten sehr breit und gewinnt

mehr ein keilförmiges Aussehen. Die langen Flimmerhaare des Fusses werden abgeworfen und etwa am 20. Tage durch ein dichteres Flimmerkleid, namentlich an der Unterseite ersetzt. Von der im Fusse mächtig entwickelten Byssusdrüse werden jetzt schleimige Massen abgesondert, die das Fortbewegen erleichtern. Aeltere Najaden, etwa von der fünften Woche an, sondern Fäden ab, mit denen sie sich an Pflanzenteilen anheften. Später wird die Byssusdrüse dann rudimentär, bei älteren Muscheln ist sie nicht mehr funktionsfähig. Man hat bis jetzt sogar angenommen, dass sie von Anfang an

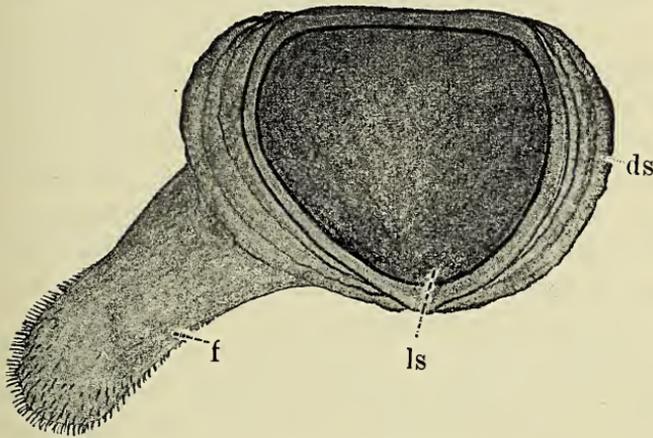


Fig. 4. Junge Najade, ca. 2 Wochen freilebend. Vergr. = 110.  
*f* = Fuss, *ds* = definitive Schale, *ls* = larvale Schale oder Prodissoconcha.

ihre Funktionsfähigkeit verloren hatte. Etwa 3—4 Wochen alte gut genährte Najaden nehmen um das Doppelte an Grösse zu. Die ältesten Najaden, die ich beobachten konnte, waren etwa sieben Wochen alt. Diese hatten etwa eine Länge von 1—1,2 mm, und waren in ihrer Form schon ganz den alten Muscheln ähnlich, auch der Fuss hatte an Länge ab-, dagegen an Breite bedeutend zugenommen. Auf der Prismenschicht ist bei derartig alten Najaden auch schon die Cuticula ausgebildet, die als eine feine gelbliche Schicht zu erkennen ist.

Wie bei allen Muscheln, so bleibt auch bei den Najaden die Embryonalschale, die Prodissoconcha, sehr lange erhalten. Jackson konnte sie noch an 3—5 cm langen Exemplaren sehr gut erkennen, wie er in seiner „Phylogeny of the Pelecypoda“ angibt.

Das interessanteste in der Entwicklung der Najaden ist entschieden ihr zeitweises parasitäres Leben, und die damit verbundenen Modifikationen der Larve. Wie nun dieser Parasitismus zustande gekommen sein kann, darüber kann man nur Vermutungen anstellen. Höchstwahrscheinlich sind die Najaden vom Meer in das Süßwasser allmählich eingewandert wie auch unsere übrigen Süßwassermuscheln, z. B. *Cyclas* und *Dreissensia*. Bei *Cyclas* finden wir ebenfalls eine Abweichung von dem Entwicklungsmodus der Lamellibranchiaten, indem die jungen Larven in den Kiemen ihren vollständigen Entwicklungsgang durchmachen. Bei *Dreissensia polymorpha* dagegen, an der wir noch heute das Vordringen in das Süßwasser beobachten können, ist die Entwicklung in grosser Uebereinstimmung mit den marinen Lamellibranchiaten geblieben, indem noch eine typische freischwimmende Mollusken-trochophora zur Ausbildung kommt.

Bei den Unioniden ist nun merkwürdiger Weise die parasitische Periode in die Entwicklungsgeschichte eingeschoben, aber weshalb? Schierholz und auch Lille sind der Ansicht, dass die in das Süßwasser einwandernden Vorläufer der Unioniden nur eine geringe schützende Chitinschicht besaßen und sich durch Anpassung an die parasitische Lebensweise, welche ihnen für die erste Zeit einen genügenden Kalkvorrat mit auf den Weg gab, gegen die zerstörende Wirkung der süßen Wasser zu schützen suchten. Tatsächlich findet auch bei den jungen Najaden zuerst überhaupt keine Chitinabsonderung statt, dafür ist die Kalkabsonderung um so reichlicher. Dies bleibt immer ein Nachteil im Leben der Unioniden, denn sie haben alle leicht zerstörbare Wirbel, was man leicht an alten Muscheln beobachten kann.

---

Sodann sprach Herr F. Richarz über die Frage:

**„Wann und auf welchem Wege beeinflussen suspendierte  
Teilchen Gewicht und Auftrieb einer Flüssigkeit?“**

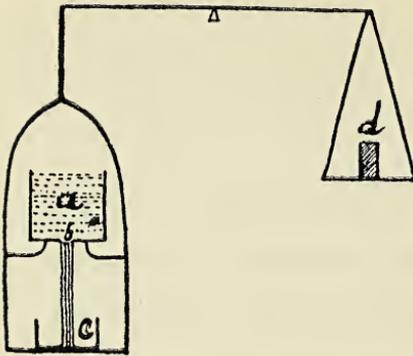
Diese Frage ist durch die Versuche aufgeklärt, welche in den Inaugural-Dissertationen von Herrn v. Plessen (Greifswald 1901) und Herrn B. Löffler (Marburg 1906) beschrieben sind. Im Zusammenhange mit dieser Frage steht diejenige nach der

**Gewichtsänderung von „Sanduhren“ während des Fallens  
der Sandteilchen.**

Hierüber kann man folgende Erwägungen anstellen, die sich durch die weiterhin berichteten Versuche des Herrn Löffler bestätigt haben.

a. Theorie.

Aus dem Prinzipie „ein fallender Körper ist nicht schwer“ ergibt sich: Die im Fallen begriffenen Teilchen werden nicht mitwiegen, wenn sie die volle Schwerebeschleunigung haben; fallen sie mit Reibung, so wird ein Teil der Beschleunigung aufgezehrt; es findet dann Druckübertragung durch Vermittelung der Luft statt; die Teilchen werden in diesem Falle mitwiegen, allerdings nicht mit ihrem vollen Gewicht. Andererseits ist zu berücksichtigen, dass die auf den Boden der Sanduhr auftreffenden Teilchen durch ihren Stoss wirken wie eine Gewichtsvermehrung.



Denken wir uns folgende ideale Sanduhr: Auf der linken Seite einer Wageschale sei, wie aus nebenstehender Figur ersichtlich, ein Gefäß *a* befestigt. Dieses enthalte Sand und sei mit einer vorläufig geschlossenen Oeffnung *b* versehen. Das Gefäß *a* nebst Inhalt und

ein darunter stehendes Gefäß *c* seien äquilibrirt durch ein Gewicht *d*. Nun werde der Verschluss der Oeffnung *b* entfernt, der Sand fällt dann aus dem oberen Behälter *a* in den unteren *c*. Ist  $\mu$  die in der Zeiteinheit auf den Boden des unteren Gefäßes *c* auftreffende Sandmasse, *u* die erlangte Endgeschwindigkeit des Sandes, so wird die durch das Auftreffen des Sandes bedingte Gewichtsvermehrung  $\mu \cdot u$  sein. Dabei ist es gleichgültig, ob die aus der Oeffnung *b* austretenden Teilchen bereits (nach Torricellis Theorem berechenbare) Ausflussgeschwindigkeit haben oder nicht; denn die Reaktionswirkung beim Abfallen an der Stelle *b* ist gleich der Vermehrung der Aktionswirkung beim Aufprallen der Teilchen in *c*. Bezeichnen wir ferner durch *m* die während des Fallens in Schwebelage befindliche Sandmasse, so wird diese jedenfalls bei reibungslosem Fall eine Gewichtsverminderung bewirken, die eine nach oben gerichtete Kraft  $m \cdot g$  repräsentiert. Die gesamte Gewichtsvermehrung wird also  $\mu \cdot u - m \cdot g = x \cdot g$ , wobei *x* das Zulagegewicht auf der rechten Wageschale bedeuten würde, welches sie äquilibriren könnte. Bezeichnet man mit  $\varepsilon$  das spezifische Gewicht des Sandes, mit *h* die Höhe und mit *q* den Querschnitt des Sandstrahles, so ist

$$m = \varepsilon \cdot h \cdot q$$

$$\mu = \varepsilon \cdot u \cdot q$$

Also wird

$$\mu \cdot u = \varepsilon u^2 q.$$

Wenn das Fallen ohne Reibung geschieht, so ist

$$u = \sqrt{2gh}$$

Also

$$\mu \cdot u = 2 \cdot \varepsilon g \cdot h \cdot q.$$

Da nun

$$m \cdot g = \varepsilon \cdot g \cdot h \cdot q$$

ist, so muss für reibungsloses Fallen des Sandes

$$\mu \cdot u = 2m \cdot g \text{ sein.}$$

Bei reibungslosen Fallen des Sandes wäre also die durch das Aufprallen der Sandteilchen auf den Boden des Gefässes *c* bedingte Gewichtsvermehrung doppelt so gross als die durch die in Schwebelage befindliche Sandmasse bedingte Gewichtsverminderung. Die Gesamtwirkung wäre hierbei also  $2m \cdot g - m \cdot g = + m \cdot g$  (Gewichtsvermehrung um  $m \cdot g$ ). [Dasselbe müsste für eine sich reibungslos setzende Suspension (die es aber nicht gibt) gelten.] Der andere extreme Fall ist der, dass die Reibung so gross ist, dass  $u \sim 0$  wird. Alsdann wäre die eintretende Gesamtwirkung —  $m \cdot g$  also eine Gewichtsverminderung um  $m \cdot g$  vorausgesetzt, dass wir annehmen könnten, der Reibungsvorgang an den fallenden Teilchen würde nicht zugleich auch eine Druckübertragung auf den Boden des unteren Gefässes *c* verursachen. Eine solche Druckübertragung würde tatsächlich dann wohl nicht stattfinden, wenn die Reibung der fallenden Teilchen an der Luft in dieser lediglich kleine und unregelmässige Wirbel erzeugte, von welchen nur ein unerheblicher Teil auf den Boden des Gefässes *c* wirken kann. Anders aber, — wenn wir — wie bei Suspensionen, die sich ohne Beschleunigung setzen, — uns die Vorstellung ausbilden, dass der Reibungsvorgang den Gewichtsdruck der Teilchen auf das umgebende Medium und dieses ihn weiter auf den Boden des Gefässes überträgt; bei Verbindung der Oeffnung *b* mit dem unteren Gefässe *c*

durch eine Röhre würde eine Annäherung an diese Verhältnisse wie bei Suspensionen erzielt werden. Dann würde bei sehr grosser Reibung auch  $u \sim o$  sein, die fallenden Teilchen aber mehr oder weniger mit ihrem Gewicht mitwirken, sodass wir eine Gewichtsverminderung der „Sanduhr“ während des Fallens der Teilchen zu erwarten hätten, die zwischen  $m \cdot g$  und  $o$  läge. Zusammengefasst: wir können, wenn die Reibung gering ist, eine Gewichtsvermehrung von  $m \cdot g$  bis  $o$ , wenn die Reibung grösser ist, eine Gewichtsverminderung von  $o$  bis  $m \cdot g$  durch das Fallen der Teilchen erwarten.

Die Ergebnisse der folgenden Versuche lassen sich auf Grund vorstehender Ueberlegungen vollkommen erklären.

### b. Versuche.

An einer gewöhnlichen Zehnminutensanduhr, mit der zunächst Versuche angestellt wurden, konnte mit Sicherheit ein Gewichtsunterschied nicht festgestellt werden, und zwar vermutlich deshalb nicht, weil der Sandstrahl zu kurz d. h. die im Fallen begriffene Masse des Sandes zu klein war.

Es wurden daher besondere „Sanduhren“ von Glasbläser Kobe in Marburg hergestellt, bei denen die von dem Sande zu durchfallende Höhe grösser war. Sie bestanden aus einem oberen trichterförmigen Teile ( $a$  in Fig. pag. 96), einem unteren Sammelgefässe ( $c$ ) verbunden mit einer nach oben führenden Röhre, die am oberen Ende den Trichter trug oder mit ihm verbunden war. Die Einzelheiten der Ausführung waren bei den benutzten 3 Exemplaren verschieden (Dissertation von Hrn. Löffler, pag. 31, 39, 45); sie sollen hier nicht beschrieben werden. Die Fallhöhe des Sandes betrug 12 bis 15 cm; die Fallzeit je nach der Weite der Trichteröffnung ( $b$  der schematischen Figur) und der Feinheit des Sandes (feiner Sanduhren- oder groben, ausgesiebter Sand) 0,6 Minuten bis 8 Minuten.

Das gesamte Gewicht der mit Sand gefüllten Glasgefässe betrug in den verschiedenen Fällen 70 bis 122 gr. Bei den vollkommensten Versuchen war die Trichteröffnung zuvor

durch einen an einem Messingdraht befestigten Messingkonus verschlossen. Der Messingdraht ragte aus einer Oeffnung am oberen Ende von *a* hervor. Dann wurde Sand eingefüllt, der Apparat auf die Wage gestellt, bis zum Ausgleich von Temperaturdifferenzen und Luftströmungen gewartet und äquilibrirt. Nach erfolgter Aequilibrirung wurde der die Trichteröffnung *b* abschliessende Messingkonus in die Höhe gezogen und mittels des Messingdrahtes an einem Haken der Wageschale aufgehängt. Dies geschah vermittelst eines Mechanismus ohne Oeffnen des Wagekastens. Der Sand begann nun zu fallen, und die Schwingungen der Wage konnten andauernd abgelesen werden.

Mit jeder der verschiedenen „Sanduhren“ wurden mehrere Beobachtungsreihen ausgeführt. Dabei ergaben sich für dieselben Bedingungen stets dem Vorzeichen nach dieselben Gewichtsänderungen, wenn diese immerhin dem Werte nach untereinander zuweilen nicht sehr gut übereinstimmten, was auch nicht zu erwarten war. Die Resultate sind in folgender Tabelle (siehe Rückseite) zusammengestellt, die weiterhin im Einzelnen besprochen werden soll.

Besprechen wir zunächst nur die luftgefüllten Sanduhren. Die erste Horizontalreihe gibt die bei andauerndem gleichmässigem Fallen des Sandes beobachteten Aenderungen des Gewichts gegenüber demjenigen vor Beginn oder nach völliger Beendigung des Fallens. Zufällig sind alle drei Möglichkeiten in Bezug auf das Vorzeichen getroffen worden: No. 1 gibt Gewichtsverminderung, d. h. der Einfluss des eventuell nicht mitwiegenden, in Schwebelage befindlichen Teiles (siehe oben pag. 97) überwiegt über den Einfluss des Bodendruckes; bei No. 3 ist es umgekehrt; bei No. 2 heben sich beide Einflüsse innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler auf.

Regelmässig wurde bei allen Versuchen, unmittelbar bevor aller Sand heruntergefallen war, ein vorübergehender Stoss im Sinne einer Gewichtsvermehrung der Sanduhr kon-

Uebersicht über die Resultate der Sanduhrversuche.

	Luftgefüllte Sanduhren			Wassergefüllte Sanduhr No. 3
	No. 1	No. 2	No. 3	
Gewichtsänderung der Sanduhr beim Fallen der Teilchen	— 0,10 bis — 0,11 mg	~ 0	+ 0,10 bis + 0,27 mg	~ 0
Stoss beim Aufhören des Fallens	+ 3,25 bis 5,25 mg	+ 6,25 bis 16,75 mg	+ 29,50 bis + 31,50 mg	kleiner als bei der luftgefüllten Sanduhr No. 1, aber noch eben wahrnehmbar
Gewichtsverminderung durch die in Schwebefindlichen Teilchen	3,35 bis 5,36 mg	von 6,25 ~ bis zu 16,75 mg	29,23 bis 31,40 mg	"
Theoretisch mögliche Extremwerte der Gewichtsänderung der Sanduhr während des Fallens der Sandteilchen	± 10 mg	± 32 mg	± 102 mg	Vorstehendem zufolge: Berechnung unnötig

statiert. Diesem Stosse entspricht eine momentane Gewichtszunahme, deren Grösse schätzungsweise berechnet werden kann, und die in der 2. Horizontalreihe der Uebersicht angegeben ist. Er erklärt sich folgendermassen: Die durch das Aufprallen der Teilchen auf den Boden von *c* (Fig. pag. 96) bedingte Gewichtsvermehrung ist dieselbe bis zum letzten Zeitelement; anders die Gewichtsverminderung durch die im Fallen befindlichen Teilchen: Fallen eben die letzten Sandteilchen aus der oberen Oeffnung, so wird von jetzt ab immer weniger Sand in Schwebesein. Dadurch entsteht von dem Augenblick an, in dem die letzten Sandteilchen die obere Oeffnung verlassen, eine wachsende Gewichtsvermehrung. Ist

das letzte Sandkorn aufgeprallt, so ist kein Aufprall mehr vorhanden; es tritt jetzt das alte Gesamtgewicht wieder ein, welches dem Zustande der Ruhe entspricht.

Dieser, unmittelbar nachdem das letzte Teilchen den oberen Trichter verlassen hat, in wachsendem Maasse allein als Gewichtsvermehrung erscheinende Aufprall ist entsprechend, wie die Tabellen zeigen, bei der Sanduhr No. 3 sehr stark, bei welcher auch schon beim stationären Fallen der Einfluss des Aufpralles der Teilchen besonders stark war, wie die erste Horizontalreihe bewies. Ueberhaupt zeigen die Zahlen der 1. und der 2. Reihe übereinstimmend den von der Sanduhr No. 1 bis zu No. 3 wachsenden Einfluss des Aufpralles der fallenden Teilchen auf den Boden.

Die erste Horizontalreihe gibt den superponierten Einfluss der Gewichtsverminderung durch den in Schwebelage befindlichen Teil des Sandes und der Gewichtsvermehrung durch seinen folgenden Aufprall auf den Boden an. Letztere Grösse allein ist durch die Zahlen der zweiten Horizontalreihe angegeben. Also ergibt die Differenz der beiden ersten Horizontalreihen die alleinige Grösse der Gewichtsverminderung durch die momentan in Schwebelage befindlichen Sandteilchen. Diese Werte sind in der dritten Horizontalreihe der Tabelle eingetragen.

Die theoretischen Ueberlegungen der Seiten 96 und 97 zeigten, dass die durch das Fallen und den Stoss bewirkten Gewichtsänderungen zwischen den Extremwerten  $\pm m \cdot g$  liegen müssen, wo  $m$  die als Strahl in Schwebelage befindliche Sandmasse ist. Um zu kontrollieren, ob die gewonnenen Zahlen diese Grenzen innehalten, wurde  $m$  annähernd dadurch bestimmt, dass der Trichter mit der Oeffnung  $b$  der Fig. pag. 96 aus dem Apparat herausgenommen, mit derselben Fallhöhe wie in letzterem frei aufgestellt, und die Sandmenge, die in Schwebelage war, abgefangen wurde, wenn gerade das letzte Sandkörnchen die Oeffnung  $b$  verliess. So resultierten die Zahlen der vierten Horizontalreihe in der Tabelle auf Seite 100; in der That liegen die Zahlen der drei oberen Reihen stets

innerhalb dieser Grenzen; alle Zahlen sind als *mg*-Gewicht zu verstehen, da sie ja Kräfte bedeuten.

Die Sanduhr No. 2 war zum Evakuieren eingerichtet; nach Auspumpen bis auf etwa 1,8 mm wurde sie zugeschmolzen. Soweit konstaterbar ergaben die den früheren analogen Wägungen auch dieselben Resultate, was auf den ersten Blick verwunderlich erscheinen kann. Indessen ist das Wesentliche für den Vorgang der eventuellen Druckübertragung der fallenden Teilchen auf den Boden, wie auch für die Stärke ihres Aufpralles, ihre Reibung am Gasinhalte. Wenn nun ein fallendes Teilchen die unmittelbar anliegenden Gasschichten mit sich nimmt, so handelt es sich um die innere Reibung; nur bei den allergrössten Verdünnungen tritt gleitende Reibung auf. Die innere Reibung eines Gases aber ist unabhängig von der Dichtigkeit<sup>1)</sup>, und damit die durch sie gegebenen Verhältnisse bei der luftgefüllten und der evakuierten Sanduhr im wesentlichen dieselben.

Um jetzt die Analogie mit einer Suspension vollkommener zu machen, wurden Versuche angestellt, bei denen Sand nicht mehr in Luft, sondern in Wasser fiel, wodurch die Reibung bedeutend erhöht war. Zu diesen Versuchen war die Sanduhr No. 3 eingerichtet. Die letzte Vertikalreihe der Uebersicht auf Seite 100 gibt als Resultat dieser Versuche an, dass die Verhältnisse jetzt in der Tat fast ganz dieselben sind, wie bei einer sich setzenden Suspension; ein Gewichtsunterschied bei ruhendem und bei fallendem Sand ist nicht mehr vorhanden; die Teilchen drücken also in Folge vollständig aufgezehrter Beschleunigung mit ihrem vollen Gewicht. Ebenfalls in Folge der starken Reibung ist ferner der schliessliche Stoss nur eben noch wahrnehmbar.

---

1) Kundt und Warburg, Pogg. Ann. 155, p. 337 und 525; 1875; siehe auch Helmholtz, Vorles. VI p. 415.

In der anschliessenden Geschäftssitzung wurden gewählt: zum Direktor Herr Geheimer Regierungsrat Professor Max Bauer, zum stellvertretenden Vorsitzenden Herr Professor Eugen Korschelt, zu Beisitzern Herr Professor F. Schenck und Herr Professor F. Richarz.

Zum ordentlichen Mitgliede wurde gewählt das bisherige ausserordentliche Mitglied Herr Professor E. Neumann, zum ausserordentlichen Mitgliede Herr Dr. Fuëter, Privatdozent der Mathematik.

- 
1. Verhandlungen der ornithol. Gesellschaft Bayerns. VI. Bd. München 1907.
  2. 33. Bericht der „Philomathie“ in Neisse. Neisse o. J.
  3. Berichte des naturwiss.-mediz. Vereins in Innsbruck. XXX. Jahrg. Innsbruck 1907.
  4. Verhandl. des botan. Vereins der Provinz Brandenburg. 28. Jahrg. Berlin 1907.
  5. Leopoldina. 43. Heft. Nr. 2/4. Halle 1907.
  6. 10. Jahresber. der geogr. Gesellsch. in Greifswald. Greifswald 1907.
  7. 24. Bericht der meteorol. Commission des naturf. Vereins Brünn. Brünn 1906.
  8. Schriften des naturw. Vereins f. Schlesw.-Holstein. XIII. 2<sup>o</sup>. Kiel 1906.
  9. 37. Bericht des naturw. Vereins f. Schwaben. Augsburg 1906.
  10. Verhandl. des naturforsch. Vereins in Brünn. 44. Bd. Brünn 1906.
  11. Zeitschr. f. Naturwissenschaften. 78. Bd. Heft 6. Stuttgart 1906.
  12. Bericht der geogr. Gesellsch. zu Greifswald über die Tätigkeit in den ersten 25 Jahren ihres Bestehens. Greifswald 1907.
  13. Mitteilungen a. d. mediz. Fakultät Tokyo. VII. Bd. Nr. 1. Tokyo 1906.
  14. Separatabdruck a. d. XXI. Bd. der Annalen d. k. k. Naturhist. Museums. Wien 1906.
  15. Verhandlungen d. k. k. Geolog. Reichsanstalt. 1906. Nr. 14/18 und 1907. Nr. 1/3. Wien 1906/1907.
  16. 24. u. 25. Jahresber. des Vereins f. Naturkunde zu Zwickau. Zwickau 1907.
  17. Verhandl. der Berliner mediz. Gesellschaft. 37. Bd. Berlin 1907.

18. Comptes-rendus des séances der Fauna. 16. Jahrg. Luxemburg.
19. Archives du Musée Teyler. II. Ser. X. Bd. 4. Teil. Haarlem 1907.
20. Boletín del Cuerpo de Ingenieros de minas del Peru. Nr. 41, 44—46. Lima 1906.
21. Boletín del Instituto geologico de Mexico. Nr. 22. in Quart. Mexiko 1906.
22. Archivos do real Instituto bacteriologico Camera pestana. I. Bd. 2. Heft. Lissabon 1907.
23. Memoirs de la société des naturalistes de Kiew. XX. Bd. 2. Heft. Kiew 1906.
24. Bulletin de la société imp. des naturalistes de Moscou. 1905 Nr. 4. — 1906 Nr. 1/2. Moskau 1906/7.
25. Bulletin de l'académie imp. des sciences de St. Petersburg. 1907. Nr. 1—7. Petersburg.
26. Rendiconto dell' accademia delle scienze fisiche. Serie 3a. XII. Bd. 9/12 u. XIII. Bd. 1/2. Napoli 1806/7.
27. Atti della Società toscana etc. XVI. Bd. 2/3.
28. Atti della Accademia dei Lincei. 1907. XVI. Bd. 2/7. Roma 1907.
29. Regenwaarnemingen en Nederlandsch-Indie. 1905. cart. Batavia 1906.
30. Verhandelingen van het bataafsch Genootschap te Rotterdam. 4<sup>o</sup>. cart. Rotterdam 1906.
31. Bergens Museum. Aarsberetning for 1906. Bergen 1907.
32. " " Aarborg 1906. 3. Heft u. 1907. 1. Heft. Bergen 1907.
33. Tromsø Museums Aarsbetning for 1905. Tromsø 1906/7.
34. " " Aarshefter. 28. 1905. Tromsø 1906/7.
35. Opuscula selecta Neerlandicorum de arte medica. geb. Amsterdam 1906.
36. Museum of comparative zoology at Harvard-College.
  - a) Annual report. 1902/3, 1903/4, 1904/5. Cambridge 1903/5.
  - b) Bulletin. 39. Bd. Nr. 9. 1904.
    - do. 50. Bd. Nr. 1—8. 1906/7.
    - do. 52. Bd. Nr. 5/6. 1904/5.
    - do. 53. Bd. Nr. 1/4. 1904/6.
    - do. 54. Bd. 1904.
    - do. 55. Bd. Nr. 1/4. 1904.
    - do. 56. Bd. Nr. 1/14. 1904/6.
    - do. 57. Bd. 1905.
    - do. 58. Bd. Nr. 1/3. 1905.
    - do. 59. Bd. Nr. 1/4. 1905/6.

- |             |                                  |           |         |
|-------------|----------------------------------|-----------|---------|
| c) Memoirs. | 25. Bd. Nr. 2.                   | in Quart. | 1905.   |
| do.         | 26. Bd. Nr. 5.                   | " "       | 1905.   |
| do.         | 29. Bd. (2 Bde. Text u. Tafeln). | " "       | 1903.   |
| do.         | 30. Bd. Nr. 2/3.                 | " "       | 1905/6. |
| do.         | 31. Bd. (2 Bde. Text u. Tafeln). | " "       | 1904.   |
| do.         | 32. Bd.                          | " "       | 1905.   |
| do.         | 33. Bd.                          | " "       | 1906.   |
| do.         | 34. Bd. Nr. 1.                   | " "       | 1907.   |
| do.         | 35. Bd. Nr. 1.                   | " "       | 1907.   |
37. Amer. Academy of arts and sciences Proceedings. 42. Bd. Nr. 14—19.
38. Smithsonian institution. Annual report for 1904/5. geb.  
Washington 1906.
39. The American Naturalist. Nr. 482/3. Boston 1907.
40. Journal of the Elisha Mitchell scientific Society. Chapel-Hill.
41. Bulletin of the Illinois state laboratory. VII. Bd. 8/9. Urbana.
42. Biennial report of the state geologist (Missouri). Jefferson City.
43. University of Montana. Bulletin Nr. 37. Missoula 1906.
44. Bulletin of the New-York public library. XI. Nr. 2/3. New-York 1907.
45. Bulletin of the Wisconsin natural history society. 5. Bd.  
Milwaukee 1907.
46. Memoirs of the Manchester literary society. 51. Bd. 2. Heft.  
Manchester 1907.
47. United States geological survey
- |   |                   |            |       |
|---|-------------------|------------|-------|
| a) Water-Supply and irrigation paper.       | Nr. 161, 184/185. | Washington | 1906. |
| b) 27 <sup>th</sup> annual report (1905/6). |                   | do.        | do.   |
| c) Bulletin Nr. 295, 299, 302.              |                   | do.        | do.   |
| d) Professional paper Nr. 46. 51, 52, 54.   |                   | do.        | do.   |
48. Academy of sciences of St. Louis. Transactions XV. Bd. Nr. 6. XVI.  
Nr. 1/7. St. Louis Mo.
49. Davenport Academy of sciences. Proceedings XI. Bd. pag. 1—124.  
Davenport 1906.
50. Tower, W. L., An investigation of evolution etc. (Carnegie Institution).  
Washington 1906.
51. Geological Survey of Canada
- |   |        |       |
|---|--------|-------|
| a) Report of the Chibougamon Mining region. | Ottawa | 1906. |
| b) Report on the Rossland mining distrikt.  | do.    | do.   |
| c) Section of mines annual report 1904.     | do.    | do.   |
| d) Summary report for 1906.                 | do.    | do.   |
52. Janet, Ch., Anatomie de la tête du *Lasius Niger*. Limoges 1905.
53. Janet, Ch., Remplacement des muscles vibrateurs. Paris 1906.



# Sitzungsberichte

der

## Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

### MARBURG

---

---

**Nr. 5**

**Juni**

**1907**

---

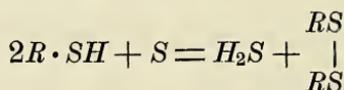
---

In der ordentlichen Sitzung vom 12. Juni sprach Herr  
A. Heffter:

#### **Ueber die reduzierenden Bestandteile der Zellen.**

Vielfältige Beobachtungen haben gezeigt, dass tierische und pflanzliche Zellen sowie daraus hergestellte Extrakte starke Reduktionswirkungen ausüben. Bekannt sind besonders die von Ehrlich beobachteten Veränderungen gewisser Farbstoffe, namentlich die Entfärbung von Methylenblau durch tierische Organe. Ferner werden Arsensäure, die Oxyde des Selens und Tellurs und die Kakodylsäure reduziert, Schwefel in Schwefelwasserstoff, Nitrate in Nitrite, Nitrobenzol in Anilin verwandelt. Sind diese verschiedenen Reduktionen alle auf den gleichen chemischen Vorgang zurückzuführen d. h. werden sie durch denselben Zellbestandteil verursacht? Diese Frage ist dahin zu beantworten, dass die Reduktion der Nitrate und wohl auch des Nitrobenzols, Prozesse, die durch Blausäure gehemmt, durch Aufkochen unterdrückt werden, und andererseits die Reduktion der Farbstoffe, des Schwefels etc., bei denen keine Hemmung durch Blausäure und höchstens eine Abschwächung durch die Siedehitze erfolgt, zwei verschiedene Vorgänge sind. Wir müssen also zwei verschiedenartige reduzierende Körper in den Zellen annehmen.

Zunächst habe ich versucht, den Chemismus der nicht durch Blausäure hemmbaren Reduktionsprozesse aufzuklären. In einer früheren Mitteilung (Hofmeisters Beiträge V, 213, 1904), die speziell die Reduktion von Schwefel durch tierische Zellen behandelte, habe ich gezeigt, dass diesem Vorgange keine Fermentwirkung zu Grunde liegt, dass das wirksame Agens ein oder mehrere Eiweisskörper sind, und dass das krystallisierte Ovalbumin dieselbe Wirkung besitzt. Den Vorgang setzte ich in Parallele mit den durch Wasserstoffabspaltung bedingten reduzierenden Wirkungen der Mercaptane und gelangte zu der Hypothese, dass die reduzierende Wirkung des Ovalbumins auf Schwefel durch den labilen Wasserstoff einer im Eiweissmolekül enthaltenen Sulfhydrylgruppe bedingt sei, also folgende Umsetzung stattfindet:

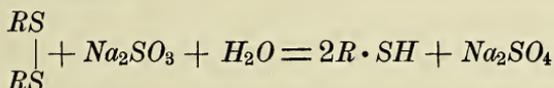


Weitere Untersuchungen haben mir gezeigt, dass diese Erklärung nicht bloß für die Reduktion des Schwefels und für das Ovalbumin zutrifft, sondern dass der labile Wasserstoff von Sulfhydrylverbindungen alle jene Reduktionen ausführen kann, die durch Blausäure nicht gehemmt werden, sowie dass sich in reduzierenden Geweben und Gewebs-extrakten Sulfhydrylverbindungen nachweisen lassen. Die experimentellen Grundlagen werden in nächster Zeit andernorts (Medizinisch-naturwissenschaftliches Archiv Bd. 1) veröffentlicht werden. Ich fasse daher hier die Ergebnisse dieser Versuche nur kurz zusammen.

Sulfhydrylverbindungen, die den Schwefel in ähnlicher Bindung wie die Eiweisskörper enthalten, z. B. Cystein, Thioglykolsäure, beide Thiomilchsäuren, reduzieren bei Zimmer- resp. Körpertemperatur Methylenblau, Indigblau, Oxyhämoglobin, Schwefel, Kakodylsäure, Tellur- und Selenoxyde etc., aber weder Nitrate noch Nitrobenzol.

Im Nitroprussidnatrium besitzen wir ein Reagens, das in alkalischer Lösung mit Sulfhydrylverbindungen bestimmter Konstitution eine Purpurfärbung giebt, die auf Essigsäurezusatz verschwindet. Mit dieser Reaktion können in reduzierenden Geweben und Gewebsextrakten Sulfhydrylverbindungen nachgewiesen, auch das Ovalbumin als Sulfhydrylverbindung charakterisiert werden. Nimmt man den labilen Wasserstoff der *SH*-Gruppe durch Luftsauerstoff, Schwefel oder andere oxydierende Agentien weg, so fällt die Nitroprussidreaktion negativ aus.

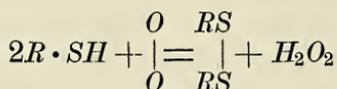
Eiweisskörper, die nicht reduzierend wirken, geben auch keine Nitroprussidreaktion. Einzelne, wie z. B. Serumalbumin kann man durch Natriumsulfit in reduzierende umwandeln. Sie bilden dann aus Schwefel Schwefelwasserstoff und geben die Nitroprussidreaktion. Der Vorgang verläuft offenbar ganz analog der Umwandlung eines Disulfids in ein Merkaptan durch Natriumsulfit:



Der Nachweis von Sulfhydrylverbindungen in pflanzlichen und tierischen Geweben und die stark reduzierenden Eigenschaften des labilen Wasserstoffs der bekannten Sulfhydrylverbindungen ermöglichen uns nicht nur, die bekannten, durch Blausäure nicht hemmbaren Reduktionswirkungen der Zellen auf einheitliche Weise zu erklären, sondern sie geben uns auch Aufschluss über das Sauerstoffbedürfnis der Zellen.

Die Sulfhydrylverbindungen sind grösstenteils leicht autoxydabel, da die labilen Wasserstoffatome sich mit molekularem Sauerstoff verbinden können. Aus Englers (Ber. d. d. chem. Gesellsch. XXXVII, 3284. 1904) Versuchen über die Autoxydation des Thiophenols wissen wir, dass dabei intermediär Wasserstoffperoxyd entsteht. Durch den Nachweis autoxydabler Sulfhydrylverbindungen ist also eine experimentelle Grundlage für die bisher nur hypothetische Entstehung von Hydroper-

oxyd in den Geweben gegeben. Die Autoxydation der Sulfhydrylverbindungen würde demnach ganz allgemein so darzustellen sein:



Die aus diesen Ausführungen sich ergebende Bedeutung der Beteiligung leicht beweglicher Wasserstoffatome bei den Oxydations- und Reduktionsprozessen in den Zellen berührt sich mit Anschauungen früherer Forscher.

Ausser Hoppe-Seyler, der bereits 1876 auf die Rolle des nascierenden Wasserstoffs bei der Aktivierung des Sauerstoffs hingewiesen und das Vorkommen freien Wasserstoffs in den Geweben als wahrscheinlich angenommen hatte, hat P. Ehrlich 1885 eine Hypothese über den „Sauerstoffort des Protoplasmas“ aufgestellt, die sich den durch meine Versuche festgestellten chemischen Tatsachen sehr annähert. Auch Ehrlich nimmt an, dass es sich bei dem Oxydationsvorgang in der Zelle nicht um Sauerstoffaufnahme, sondern um Wasserstoffentziehung unter Bindung zweier konjugierter Gruppen handelt.

---

Darauf sprach Herr Oswald Loeb a. G.:

### **Über experimentelle Arterienveränderungen beim Kaninchen durch aliphatische Aldehyde.**

In den letzten drei Jahren sind mehr als 70 Publikationen über experimentelle Arterienveränderungen beim Kaninchen erschienen. Dieselben nehmen ihren Ausgang von der Entdeckung Josué's, dem es gelang durch intravenöse Adrenalininjektion eine Erkrankung der Aorta zu erzielen, die bis zu Aneurysmenbildung führte, und in der Folge zuerst durch W. Erb jun. als eine hauptsächlich in der Media vor sich gehende Veränderung charakterisiert wurde, die in einer primären Nekrose der glatten Muskelzellen, in einem Gestrecktwerden und Zerfall der elastischen Elemente der Media und in sekundärer Verkalkung der nekrotischen Herde besteht. Die meisten Autoren beschäftigten sich mit dem Adrenalin, einzelnen gelang es auch mit anderen Substanzen, wie Digalen, Nicotin, Tabaksrauch, Adonidin, Phoridzin, Chlorbarium, Jodkali u. s. w. dieselben Veränderungen zu erzielen. Von vornherein will ich betonen, dass ein Teil der Kaninchen sich gegen Adrenalin refractär verhält, soviel sich aus der Litteratur ersehen lässt, 30—50 Prozent. Wie oft mit anderen Substanzen Erfolge erzielt werden, lässt sich überhaupt nicht übersehen. Bei der von mir benutzten Körperklasse, den Aldehyden, trat nun bisher bei allen erwachsenen Tieren, die länger als zwölf Tage lebten, die Arterienveränderung prompt ein, von der einfachen Plaques-Bildung bis zu schweren Aneurysmen. Makroskopisch wie mikroskopisch entsprachen diese Veränderungen ganz den mit Adrenalin u. s. w. erzeugten.

Es ist deshalb weniger der anatomische Befund als der merkwürdige Zusammenhang zwischen Konstitution und Wirkung, der mich veranlasst, hier kurz über meine Versuche, die anderwärts ausführlich mitgeteilt werden sollen, zu berichten.

32 Kaninchen verabreichte ich per os oder subcutan Aldehyde und zwar Formaldehyd, Formaldehydnatriumbisulfit, Helmitol (= Anhydromethylencitronensaures Hexamethylentetramin), Acetaldehyd, Paraldehyd, Isobutyraldehyd, Valeraldehyd, Oenanthaldehyd, Citral. 25 Kaninchen, es waren dies alle erwachsenen (über 1 Jahr alte), zeigten die typischen Veränderungen, während 7 junge 6—10 Monat alte Tiere auch nach wochenlanger Application intakte Aorten aufwiesen. Auch gegen Adrenalin sind junge Tiere, wie schon Josué fand, refractär. Deutliche Veränderungen in Form von Beeten traten meist nach 12—14 Tagen, in einem Falle sogar nach 7 Tagen, Aneurysmen nach 3—4 Wochen auf. Im Gegensatz zu den aliphatischen Aldehyden konnte ich durch Furfurol und aromatische Aldehyde (Benzaldehyd, Salicylaldehyd und Zimmtaldehyd) bei 12 erwachsenen Kaninchen keine Arterionekrose erzeugen. Es lässt sich zunächst nicht entscheiden, ob Resorptions- und Oxydationsverhältnisse oder die Anwesenheit einer cyklischen Gruppe die Wirkung verhindert.

Ich habe noch eine Reihe anderer Körper, die den Aldehyden mehr oder minder nahe stehen, bei zwölf Kaninchen untersucht und zwar mit negativem Erfolg. Es sind dies Aceton, Diaethylketon, Methylalkohol, Aethylalkohol, Amylalkohol und Natriumacetat.

Was nun diese eigenartige Aldehydwirkung betrifft, so kann ich heute nur negative Seiten berühren. Zunächst kann von einer Infektion keine Rede sein, da einerseits ein Teil der wirksamen Körper per os verabreicht wurde, andererseits für die Fälle von subcutaner Applikation die zahlreichen Versuche, in denen wirkungslose Substanzen ebenfalls subcutan verabreicht wurden, eine hinreichende Kontrolle bieten.

Spontane Veränderungen sind auszuschliessen, da hier bei wenigen Tieren ein fast gesetzmässiger Erfolg eingetreten ist, während ich bei 280 Kaninchen, die ich bisher zu scieren Gelegenheit hatte, niemals spontane Arterienkrankungen

beobachtete. Blutdrucksteigerung kommt bei den Aldehyden nicht in Betracht, da teilweise der Blutdruck normal bleibt, teilweise eine eventuell eintretende Steigerung nur minimal ist. Auch Kachexie spielt keine Rolle, durch genaue Gewichtskontrolle konnte ich feststellen, dass gerade Tiere, die mit einer der erfolglosen Substanzen gespritzt wurden, einen äusserst starken Kräfteverfall zeigten, während andererseits Tiere mit ausgeprägten Aneurysmen ihren anfänglich guten Ernährungszustand beibehielten.

Ob es gelingt, Tiere an die schwere Giftwirkung zu gewöhnen und widerstandsfähig zu machen, ob es ferner möglich ist, bei anderen Tierarten Veränderungen zu erzielen, die noch dazu mit der menschlichen Arteriosklerose übereinstimmen, ist Sache weiterer im Gang befindlicher Untersuchungen, die aus äusseren Gründen sehr langwierig sind.

Ferner bleibt es eine offene Frage, ob der Befund dieser Aldehydwirkung für die menschliche Pathologie eine Bedeutung gewinnt.

Meine Versuche haben also gezeigt, dass alle untersuchten aliphatischen Aldehyde, nicht aber Furfurol und aromatische Aldehyde, typische Arterienveränderungen beim Kaninchen erzeugen, und somit ein sinnfälliger Zusammenhang zwischen Konstitution und Wirkung besteht. Durch den Umstand, dass auch andere Substanzen diese Veränderungen hervorbringen, verliert diese Tatsache nicht an ihrer Bedeutung, da ja aus zahlreichen Beispielen der Pathologie und Therapie bekannt ist, dass ein und derselbe Effekt durch die verschiedensten Mechanismen erzielt werden kann. In der Litteratur ist ein derartiger Zusammenhang zwischen Konstitution und anatomischer Veränderung nur für die anästhesierenden Körper der Cocainreihe bekannt, die bei Mäusen die sogenannte Schaumleber erzeugen, eines der wesentlichsten Argumente Paul Ehrlich's für die Lehre vom Zusammenhang zwischen Konstitution und Wirkung.

In derselben Sitzung sprach Herr F. A. Schulze über:

## a) Beobachtungen an Interferenzstreifen im Spektrum.

### I. Talbot'sche Streifen.

Im Jahre 1837 entdeckte H. F. Talbot<sup>1)</sup> die nach ihm benannten Interferenzstreifen, die entstehen, wenn man bei der Betrachtung eines Spektrums die Hälfte der Pupille durch ein Glasblättchen von der Dicke eines Deckgläschens bedeckt. D. Brewster,<sup>2)</sup> der wenige Monate später unabhängig von Talbot dieselbe Entdeckung in demselben Jahre machte, fand dabei die merkwürdige Tatsache, dass die Streifen nur auftreten, wenn man das Blättchen von der violetten Seite des Spektrums her vor das Auge schiebt.

Die naheliegende einfachste Erklärung dieser Streifen als reine Interferenzerscheinung der durch die Luft und der durch das Glasblättchen hindurchgehenden Strahlen giebt zwar den Ort der Streifen richtig an, erklärt aber nicht die eben genannte auffallende Unsymmetrie in dem Auftreten der Streifen. Airy<sup>3)</sup> hat zuerst gezeigt, dass man zu ihrer Erklärung die Beugung an den Rändern der Pupille notwendig hinzunehmen muss, und die vollständige Theorie der Erscheinung aufgestellt. Später sind noch mehrfach Darstellungen der ausführlichen Theorie gegeben, so von Esselbach<sup>4)</sup> und G. Kirchhoff.<sup>5)</sup>

---

1) H. F. Talbot, Phil. Mag. (3) **10**. 364. 1837.

2) D. Brewster, Brit. Assoc. Rep. **2**. 12. 1837.

3) G. B. Airy, Phil. Trans. London Roy. Soc. 1840. p. 225; 1841. p. 1. Pogg. Ann. **53**. 459. 1841. **58**. 535. 1843.

4) E. Esselbach, Pogg. Ann. **98**. 513. 1856.

5) G. Kirchhoff, Vorl. über Optik (Leipzig 1891). 6. Vorl. §§ 4 u. 5.

So wertvoll diese Abhandlungen sind, so ist es doch bei der Kompliziertheit der Rechnungen nicht möglich, aus ihnen eine klare anschauliche Einsicht von dem Grund jener merkwürdigen Unsymmetrie in dem Auftreten der Talbot'schen Streifen zu erhalten.

Eine derartige kurze sehr anschauliche Darstellung ist m. W. zuerst von Volkmann<sup>1)</sup> gegeben. Sodann hat F. Pockels<sup>2)</sup> in der neuen Auflage des Handbuches der Physik von Winkelmann eine etwas ausführlichere anschauliche Darlegung des Sachverhalts gegeben.

Ferner finden sich derartige Darlegungen noch bei A. Schuster<sup>3)</sup> und J. Walker.<sup>4)</sup>

Es sei gestattet, hier das Wesentliche der Erklärung an Hand der Pockel'schen Darstellung wiederzugeben.

Demnach ist die Erscheinung aufzufassen als (Fraunhofer'sche) Beugungserscheinung an zwei dicht nebeneinanderliegenden Spalten, von denen die eine mit einem Glasblättchen bedeckt ist. Seine Dicke sei  $D$ . Die Breite  $a$  jedes der beiden Spalte ist gleich der Hälfte der Pupillenöffnung.

Nach der Beugungstheorie entstehen hierbei

1. Minima erster Klasse, die von der Beugung durch einen Spalt von der Breite  $a$  herrühren. Ihre Lage wird durch das Glasblättchen nicht beeinflusst.
2. Minima zweiter Klasse. Ihre Entstehung und Lage ist am besten aus der Figur 1 zu ersehen.

---

1) Volkmann, Vorles. üb. die Theorie des Lichtes, p. 180 (Leipzig bei Teubner 1891).

2) Handbuch der Physik, herausg. von Winkelmann, VI. p. 1087. 1906.

3) A. Schuster, Phil. Mag. (6) 7. 1. 1904.

4) J. Walker, Phil. Mag. (6) II. 531—534. 1906; Proc. Phys. Soc. 22. p. 173—177. 1906.

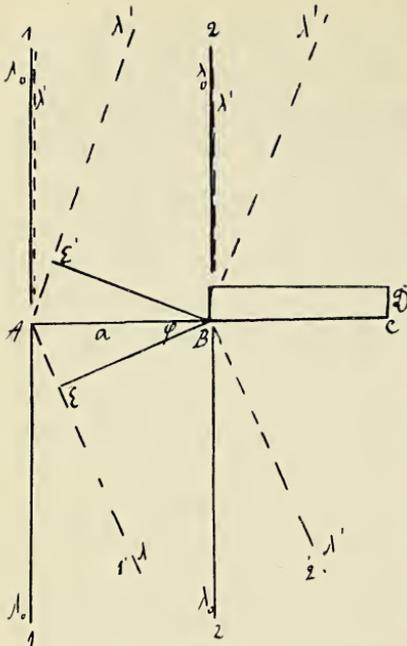


Fig. 1.

$A$  und  $B$  sind korrespondierende Punkte der beiden Spalte.

Mögen zunächst alle Strahlen senkrecht einfallen.

Der Strahl 2 erhält bei seinem Durchgang durch das Glas eine Verzögerung gegen den Strahl 1, die einem Wegunterschied  $\Delta = D(n-1)$  in Luft entspricht. Für die unter dem Winkel  $\varphi$  abgebeugten Strahlen 1' und 2' ist der Wegunterschied  $\Delta - a\varphi$ . Die Minima zweiter Klasse sind dann in ihrer Lage gegeben durch  $\frac{\Delta - a\varphi}{\lambda} = \frac{2k-1}{2}$

wo  $k$  eine ganze positive oder negative Zahl.

Der Abstand der Minima ist  $\varphi' = \frac{\lambda}{a}$ .

Sei nun für den Centralstrahl und die Wellenlänge  $\lambda_0$  gerade  $\frac{\Delta}{\lambda_0} = \frac{2k-1}{2}$ , also in der Mitte ein Minimum zweiter Klasse für  $\lambda_0$ .

Betrachten wir jetzt eine sehr nahe liegende kleinere Wellenlänge  $\lambda'$ . Da  $\frac{\Delta}{\lambda}$  nun dadurch wächst, so liegt das Minimum für diesen Strahl der Wellenlänge  $\lambda'$  etwas nach rechts verschoben, unter einem Winkel  $\varphi$ , so dass

$$\frac{\Delta - a\varphi}{\lambda'} = \frac{2k-1}{2}.$$

Eine sehr geringe Änderung von  $\lambda$ , die dem Auge noch als gleiche Farbe erscheinen würde, giebt schon eine beträcht-

liche Änderung von  $\frac{d}{\lambda}$ , also schon eine entsprechend beträchtliche Änderung von  $\varphi$ . Die Minima von  $\lambda'$  erscheinen also erheblich verschoben gegen diejenigen von  $\lambda_0$ ; dagegen ist der gegenseitige Abstand der Minima von  $\lambda'$  nur sehr wenig verschieden von demjenigen der Minima von  $\lambda_0$ , da eben  $\lambda'$  sehr nahe an  $\lambda_0$  liegt. (Siehe Fig. 2.)

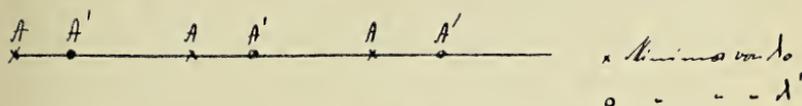


Fig. 2.

Eine scharfe Interferenzerscheinung kann nur eintreten, wenn diese Minima für alle Wellenlängen aufeinanderfallen.

Das kommt nun bei den Talbot'schen Streifen dadurch zu Stande, dass die Strahlen verschiedener Wellenlängen nicht, wie bisher angenommen, alle unter demselben Winkel senkrecht auf den Spalt  $AC$  (die Pupillenöffnung) auftreffen, sondern, weil sie ja ein Spektrum angehören, unter verschiedenen Winkeln. Dadurch kann es nun unter günstigen Umständen eintreten, dass die Verschiebung der Minima, die von der Änderung der Wellenlänge herrührt (von  $A$  nach  $A'$ ), wieder gerade kompensiert wird dadurch, dass der Strahl der Wellenlänge  $\lambda'$  unter etwas anderem Winkel einfällt als der Strahl der Wellenlänge  $\lambda_0$ . Diese zweite Ursache kann es bewirken, dass das System der Minima von  $\lambda'$  von den Stellen  $A'$  auf die Stellen  $A$  rückt. Bei senkrechter Inzidenz war das Minimum für  $\lambda'$  von  $A$  nach  $A'$  gerückt, weil  $\frac{d}{\lambda}$  mit abnehmenden  $\lambda$  wächst; damit dann  $\frac{d'}{\lambda'} - \frac{a\varphi}{\lambda'}$  wieder den Wert  $\frac{2k-1}{2}$  erhielt, musste  $\varphi$  einen gewissen positiven Wert erhalten, d. h. also der Strahl musste in Luft einen grösseren Weg bekommen, der in der Zeichnung durch  $AE$  gegeben

ist. Denken wir uns nun aber, die Strahlen von der kleineren Wellenlänge  $\lambda'$  fielen von rechts her, d. h. von der auf der Seite des Blättchens gelegenen Seite schräg ein, und zwar grade unter eben jenem Winkel  $\varphi$  gegen die Normale, so werden wir jetzt die Interferenz bekommen für diejenigen Strahlen, die von  $A$  und  $B$  zentral weitergehen, in der Richtung  $AF$  und  $BG$ , wo  $\varphi = 0$  ist. Denn es ist nun die zur Interferenz erforderliche Verlängerung des Weges für den durch die Luft gehenden Strahl von  $AE$  verlegt worden nach  $AE'$ . Da aber  $\sphericalangle \varphi = \sphericalangle \varphi'$  sein soll, so ist  $AE = AE'$ . Und so gilt die Überlegung für jede nahe an  $\lambda_0$  gelegene Wellenlänge. Die Talbot'schen Streifen sind dann scharf zu sehen. Wie man sieht, ist also dazu nötig, dass die kleinere Wellenlänge von derjenigen Seite her einfällt, auf der sich das Glasblättchen befindet.

Würde man  $\lambda'$  von der anderen Seite her einfallen lassen, so würde offenbar keine Kompensation der beiden Verschiebungen eintreten, sondern es würde im Gegenteil  $A'$  noch weiter von  $A$  wegrücken, da man ja dann nicht, wie es nötig ist, dem Lichtstrahl, sondern grade dem Glasstrahl die Wegverlängerung gegeben hätte.

Die Bedingung für strenge Kompensation lässt sich hiernach auch leicht mathematisch formulieren.

Es sei  $i$  der Einfallswinkel der Strahlen;  $i$  ist eine Funktion der Wellenlänge  $i = i(\lambda)$ . Der Winkel, unter dem  $\lambda' = \lambda_0 + d\lambda$  einfällt, ist gegeben durch  $\frac{di(\lambda)}{d\lambda} d\lambda$ . Ferner ist  $\frac{A}{\lambda}$  eine Funktion von  $\lambda$ ;  $\frac{A}{\lambda} = f(\lambda)$ . Beim Übergang von  $\lambda_0$  zu  $\lambda'$  ändert sich  $\frac{A}{\lambda}$  um  $\frac{df(\lambda)}{d\lambda} d\lambda$ . Dieses ist zu kompensieren durch  $\frac{a\varphi}{\lambda}$ , wobei  $\varphi = \frac{di(\lambda)}{d\lambda} d\lambda$ . Die Talbot'schen Streifen treten also scharf auf, wenn  $\frac{a}{\lambda} \frac{di(\lambda)}{d\lambda} = \frac{df(\lambda)}{d\lambda}$  ist.

Diese Bedingung kann, wenn überhaupt, nur für einen bestimmten Teil des Spektrums erfüllt sein. Es ist erstaunlich, dass die Talbot'schen Streifen bei den zufälligen Dimensionen der Deckgläschen, der Dispersion des angewandten Spektralapparates, der Vergrößerung des Fernrohres so verhältnismässig stark zu sehen sind.

Danach würde man also unter Umständen die Talbot'schen Streifen beim Einschieben des Deckgläschens vom roten Ende des Spektrums erhalten müssen in einem Bezirk von Wellenlängen, für welchen anomale Dispersion besteht, wenn nämlich  $\frac{df(\lambda)}{d\lambda} < 0$  ist. Da diese Bedingung aber erhebliche anormale Dispersion voraussetzt, so bedeutet sie auch starke Absorption in diesem Bezirk, so dass es dahingestellt bleiben muss, ob dieser Fall für die Beobachtung realisierbar ist.

Es bleibt noch die Besprechung der Minima erster Klasse übrig. Diese erfahren nicht, wie die Minima zweiter Klasse bei einer kleinen Änderung der Wellenlänge eine gemeinsame seitliche Verschiebung, sondern nur eine kleine Änderung ihres Abstandes. Dadurch nun, dass die Strahlen verschiedener Wellenlängen unter verschiedenen Richtungen einfallen verschwinden diese Minima durch Superposition der gegen einander verschobenen Streifensysteme.

Die Talbot'schen Streifen sind vielfach Gegenstand der Beobachtung gewesen. Es seien genannt die Arbeiten von J. Stefan,<sup>1)</sup> Dvořak,<sup>2)</sup> Ditscheiner,<sup>3)</sup>

Es soll hier über eine Erscheinung bei den Talbot'schen Streifen berichtet werden, die sehr leicht zu beobachten ist, aber wie es scheint, bisher noch nicht beschrieben ist. Bei der Leichtigkeit, mit der sich die Beobachtung dieser Erscheinung darbietet, erscheint es mir nicht ausgeschlossen,

---

1) J. Stefan, Pogg. Ann. **123**. 509. 164.

2) V. Dvořak, Pogg. Ann. **147**. 604. 1872.

3) L. Ditscheiner, Carl, Rep. V.

dass mir doch eine Arbeit, in der sie beschrieben ist, entgangen sein kann. Es handelt sich um folgendes:

Steht das Deckgläschen, wie gewöhnlich, vertikal, senkrecht zu dem auffallenden Spektrum, so stehen die Talbot'schen Streifen vertikal, parallel zu den Fraunhofer'schen Linien. Dreht man nun das Glasblättchen um eine horizontale in seiner Ebene gelegenen Axe, so dass also nun das Spektrum nicht mehr senkrecht auf das Blättchen fällt, so neigen sich die Talbot'schen Streifen, sie gehen schräg durch das Spektrum hindurch, unter einem bestimmten Winkel gegen die Vertikale. Es sei ein umkehrendes Fernrohr angenommen. Rot liege links, violett rechts. Der Sinn der Drehung der Streifen ist dann derartig, dass die Streifen von oben links nach unten rechts gehen, wenn das Blättchen so gedreht ist, dass seine untere Kante nach vorn, dem Auge zu, liegt. Im entgegengesetzten Fall ist auch die Neigung der Streifen umgekehrt. Je weiter das Blättchen gedreht wird, desto grösser wird die Neigung der Streifen gegen die Vertikale, und nähert sich einem bestimmten spitzen Winkel, je näher das Blättchen der horizontalen Lage kommt. Die Streifen bleiben einander annähernd parallel; ihr horizontaler Abstand verringert sich etwas.

Zur Erklärung dieser Erscheinung muss man auf den allgemeinen Ausdruck der Gangdifferenz des durch die Luft und des durch das Glas gehenden Strahles für beliebigen Einfallswinkel  $\vartheta$  zurückgehen.

Der Wegunterschied, gemessen in Luft, ist

$$\gamma = D(\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta} - \cos \vartheta).$$

Auslöschung tritt ein, wenn 1)  $\frac{D}{\lambda}(\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta} - \cos \vartheta) = \frac{2k+1}{2} = k'$ . Zu einem bestimmten Einfallswinkel  $\vartheta_0$  gehört zur Erfüllung der Gleichung 1) eine bestimmte Wellenlänge  $\lambda_0$ . Lässt man  $\vartheta$  von  $\vartheta_0$  aus etwas wachsen, d. h.

also, neigt man das Blättchen um einen kleinen Winkel  $d\vartheta$ , so wird  $\sqrt{n^2 - \sin^2\vartheta} - \cos\vartheta$  grösser. Zur Erfüllung der Gleichung 1) muss also auch  $\lambda$  grösser werden, d. h. das Minimum rückt nach grösseren Wellenlängen. Nun fallen aber die Strahlen, die verschiedenen Punkten des Spaltes entsprechen, tatsächlich unter verschiedenem Winkel auf das Blättchen; den verschiedenen Punkten des Spaltes entsprechen verschiedene Werte von  $\vartheta$ . Bei endlicher Länge des Spaltes muss demnach die beschriebene Erscheinung auftreten.

Ist das Blättchen so gedreht, dass sein unterer Rand nach dem Auge hin liegt, so fallen bei umkehrendem Fernrohr die dem höchstgelegenen Punkte des Spaltes entsprechenden Strahlen unter kleinerem Einfallswinkel  $\vartheta$  auf das Blättchen, als die den tiefer liegenden Punkten des Spaltes entsprechenden Strahlen. Dem obersten Punkte des Spaltes (also dem unteren Rande des Spektrums) mögen die Werte  $\vartheta_0$  und  $\lambda_0$  für eine bestimmte Auslöschungsstelle im Spektrum entsprechen. Für einen etwas tiefer gelegenen Punkt des Spaltes wächst  $\vartheta$ , die Auslöschungsstelle muss sich also nach etwas grösserer Wellenlänge, nach Rot hin verschieben, wie es der Beobachtung entspricht.

Steht, wie bei der gewöhnlichen Betrachtung der Talbot'schen Streifen, das Blättchen vertikal, ist also  $\vartheta$  Null für den mittelsten Spaltspunkt, so ändert sich die Wegdifferenz  $\gamma = D(\sqrt{n^2 - \sin^2\vartheta} - \cos\vartheta)$  nur ausserordentlich wenig, wenn man zu den benachbarten Strahlen übergeht, die etwas höher oder tiefer gelegenen Punkten des Spaltes entsprechen, so dass die Auslöschungsstelle  $\lambda_0$  für alle Spaltspunkte fast genau dieselbe ist, d. h. die Streifen stehen vertikal. Dagegen ändert sich  $\gamma$  bei derselben Änderung  $d\vartheta$  um so mehr, je grösser  $\vartheta$  selbst ist. Die Drehung der Streifen muss also mit zunehmenden  $\vartheta$ , mit wachsender Neigung des Blättchens gegen die Vertikale wachsen, im Einklang mit der Be-

obachtung. Es ist nämlich  $\frac{d\gamma}{d\vartheta} = D \frac{d}{d\vartheta} (\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta} - \cos \vartheta)$   
 $= D \left\{ \sin \vartheta - \frac{\sin 2\vartheta}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta}} \right\}$ ; also Null für senkrechte  
 Inzidenz  $\vartheta = 0$ . Für  $\vartheta = 90^\circ$ , also horizontale Lage des  
 Blättchens, wird  $\frac{d\gamma}{d\vartheta} = D$ . Der Winkel der Talbot'schen Streifen  
 gegen die Vertikale nähert sich also einem endlichen Grenzwert, der von der Dispersion des Prismas etc. abhängt. Eine  
 quantitative Prüfung lässt sich erhalten, wenn man die Winkel-  
 unterschiede  $d\vartheta$ , für welche für denselben Wert von  $\lambda$   
 Auslöschung eintritt, berechnet und mit der Beobachtung ver-  
 gleicht. Es ist für zwei vertikal übereinanderliegende Inter-  
 ferenzpunkte

$$r_1 = D(\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta_1} - \cos \vartheta_1) = \frac{2k_1 - 1}{2} \lambda$$

$$r_2 = D(\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta_2} - \cos \vartheta_2) = \left( \frac{2k_2 - 1}{2} + 1 \right) \lambda.$$

Für nicht zu kleine Werte von  $\vartheta$  kann man schreiben

$$r_2 = r_1 + \frac{d\gamma}{d\vartheta} d\vartheta = r_1 + D d\vartheta \left( \sin \vartheta - \frac{\sin 2\vartheta}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta}} \right).$$

Es wird also

$$r_2 - r_1 = D \left( \sin \vartheta - \frac{\sin 2\vartheta}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta}} \right) d\vartheta = \lambda$$

oder 
$$d\vartheta = \frac{\lambda}{D} \frac{1}{\sin \vartheta - \frac{\sin 2\vartheta}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta}}}$$

In der folgenden Tabelle sind die beobachteten und die  
 berechneten Werte von  $d\vartheta$  für Na-Licht und eine Blättchen-  
 dicke 0,17 mm zusammengestellt.

$\vartheta$	$A\vartheta$ beob.	$A\vartheta$ ber.
10°	0,057	0,058
20°	0,036	0,035
30°	0,017	0,018
40°	0,012	0,012
50°	0,0080	0,0090
60°	0,0060	0,0067
70°	0,0048	0,0052
80°	0,0040	0,0041

Wie man sieht besteht genügende Übereinstimmung. Auf besondere Genauigkeit machen die Zahlen  $d\vartheta_{\text{beob.}}$  keinen Anspruch.

Auch wenn  $\vartheta = 0$  ist, also wenn, wie bei der gewöhnlichen Art der Beobachtung, die dem Mittelpunkt des Spaltes entsprechenden Strahlen senkrecht auf das Blättchen auftreffen, muss sich der Einfluss einer Änderung von  $\vartheta$  auf die Lage der Interferenzstellen bemerkbar machen, wenn nur die Änderung von  $\vartheta$  genügend gross, d. h. der Spalt genügend lang ist. In der Tat sind bei sehr langem Spalt die Talbot'schen Streifen nicht mehr im ganzen Gesichtsfeld vertikal, sondern konkav gegen das rote Ende des Spektrums wie es nach dem obigen sein muss.

Der horizontale Abstand der Streifen von einander wird mit wachsender Drehung des Blättchens kleiner.

Für zwei benachbarte Streifen bei den Wellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  gilt

$$\frac{D}{\lambda_1} (\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta} - \cos \vartheta) = k + \frac{1}{2}$$

$$\frac{D}{\lambda_2} (\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta} - \cos \vartheta) = k + \frac{3}{2}$$

Subtraktion giebt

$$D(\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta} - \cos \vartheta) \left( \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) = -1,$$

wenn wir annehmen, dass die Änderung von  $n$  mit der Wellenlänge nicht in Betracht kommt. Es wird

$$D(\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta} - \cos \vartheta)(\lambda_1 - \lambda_2) = \lambda_1 \lambda_2$$

$$\lambda_2 = \lambda_1 \frac{1}{1 + \frac{\lambda_1}{D(\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta} - \cos \vartheta)}}$$

angenähert  $\lambda_2 = \lambda_1 \left( 1 - \frac{\lambda_1}{D(\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta} - \cos \vartheta)} \right)$

$$\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1} = \frac{1}{D(\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta} - \cos \vartheta)};$$

bei vertikaler Stellung des Blättchens sind demnach die Abstände der Streifen voneinander rund doppelt so gross als bei horizontaler.

## II. Spektrale Zerlegung der Farben dünner Blättchen im durchgehenden Licht.

Betrachtet man ein Spektrum im Spektralapparat durch ein sehr dünnes (die ganze Pupillenöffnung bedeckendes) Glimmerblättchen, so ist das Spektrum von dunklen vertikalen Linien durchzogen, die der Interferenzerscheinung dünner Blättchen im durchgehenden Licht entsprechen.

Auch bei diesen Streifen tritt, wie bei den Talbot'schen Streifen, eine Drehung auf, wenn man das Glimmerblättchen um eine horizontale in seiner Ebene liegende Axe dreht.

Die Erklärung dieser Drehung ist im Prinzip genau dieselbe, wie für die analoge Erscheinung bei den Tabbot'schen Streifen. Die in Betracht kommende Wegdifferenz ist hier  $\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta}$ . Im Gegensatz zu dem vorigen Fall nimmt sie mit wachsendem  $\vartheta$  ab. Demgemäss ist der Sinn der Drehung entgegengesetzt wie bei den Talbot'schen Streifen. Ferner besteht folgende Eigentümlichkeit.

Bei wachsender Drehung des Blättchens nimmt zunächst die Neigung der Streifen, die Entfernung aus der Vertikallage, zu. Sie erreicht dann aber ein Maximum bei einer bestimmten Neigung des Blättchens gegen die Vertikalebene. Bei weiterer Drehung des Blättchens nach der Horizontalebene hin nimmt der Winkel den die Streifen mit der Vertikalen, der Richtung der Fraunhofer'schen Linien, bilden, wieder ab; im Grenzfall, wenn das Blättchen horizontal liegt stehen die Interferenzstreifen wieder vertikal. Es ergibt sich dies aus der Theorie folgendermassen:

Es ist  $\frac{d\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta}}{d\vartheta} = -\frac{\sin 2\vartheta}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta}}$ . Die Weg-

differenz ändert sich also nicht mit  $\vartheta$  für  $\vartheta = 0^\circ$  und  $\vartheta = 90^\circ$ , d. h. wenn das Blättchen vertikal, und wenn es horizontal steht. Für die zwischenliegenden Werte von  $\vartheta$  ändert sich  $\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta}$  mit  $\vartheta$  in endlichem Betrage. Die Änderung  $\frac{d\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta}}{d\vartheta}$  ist ein Maximum für  $\sin^2 \vartheta = n(n - \sqrt{n^2 - 1})$ .<sup>1)</sup>

Dies giebt für  $n = 1,5$  ungefähr  $\vartheta = 49^\circ 12'$ . Für diese Neigung des Blättchens ist also auch der Winkel, den die Interferenzstreifen mit der Vertikalen bilden, ein Maximum.

Für den horizontalen Abstand der Streifen von einander ergibt sich angenähert  $\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1} = \frac{1}{2D\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta}}$ . Er wächst also ständig mit zunehmender Drehung des Blättchens, im Gegensatz zu dem Fall der Talbot'schen Streifen, wo er ständig abnimmt.

Bei horizontaler Lage des Blättchens ( $\vartheta = 90^\circ$ ) sind die Abstände der Streifen von einander rund  $1\frac{1}{2}$  mal grösser als bei vertikaler.

An einem ca. 0,02 mm dicken Glimmerblättchen zeigten sich diese Folgerungen qualitativ bestätigt.

1) Siehe die gleiche Rechnung bei O. Lummer, Wied. Ann. 23. p. 49. 1884.

### b) Die Dielektricitätskonstante des Schiefers.

Wie von Jannetaz<sup>1)</sup> gefunden, ist die Wärmeleitung von Schiefer in der Richtung der Spaltflächen grösser als in der dazu senkrechten Richtung; das Axenverhältnis der nach der Senarmont'schen Methode auf einer senkrecht zur Spalt- richtung geschnittenen Schieferplatte hergestellten Isothermen- ellipsen betrug bei einigen Schiefersorten ca. 1,8 bei anderen ca. 1,4. In dieser Beziehung verhält sich also der Schiefer wie ein einaxiger Krystall. Es liegt nahe anzunehmen, dass der Schiefer auch in bezug auf andere physikalische Eigen- schaften sich wie ein einaxiger Krystall verhält. Es wurde dies geprüft an der Dielektricitätskonstante. Die Messung geschah nach der Methode von P. Drude<sup>2)</sup> mittels schneller elektrischer Schwingungen in der von W. Schmidt<sup>3)</sup> an- gegebenen Modifikation. Die Platten von den Dimensionen  $30 \times 10 \times 1,40$  mm waren aus einem homogenen Block von Tonschiefer aus England herausgeschnitten. Die benutzte Schwingungszahl betrug ungefähr  $\nu = \frac{10^7}{\text{sec}}$ .

Es fand sich:

Dielektricitätskonstante des Schiefers

in der Spaltungsrichtung: . . . . . 7,37  
senkrecht zur Spaltungsrichtung: . . . . . 6,60

In der Richtung der Spaltbarkeit ist also sowohl Dielektricitätskonstante wie Wärmeleitfähigkeit grösser als senkrecht dazu. Es entspricht dieses Verhalten demjenigen der meisten einaxigen Krystalle, soweit gleichzeitig Wärme- leitung und Dielektricitätskonstante bekannt sind, was aller- dings erst für wenige Krystalle der Fall ist.

Die folgende Tabelle giebt diese Zusammenstellung; zur Vervollständigung ist auch noch das optische Verhalten ein- getragen. (Die Angaben über das dielektrische Verhalten sind

1) Jannetaz, Comptes Rendus 81. p. 1254. 1875.  
2) P. Drude, Wied. Ann. 61. p. 466. 1897.  
3) W. Schmidt, Ann. d. Phys. 9. p. 919. 1902.

sämtlich den sorgfältigen Versuchen von W. Schmidt entnommen.) Auch Holz hätte noch als eine Bestätigung der Regel in die Tabelle aufgenommen werden können. Auch hier ist in Richtung der Faser sowohl Dilektricitätskonstante als auch Wärmeleitfähigkeit grösser als senkrecht dazu. Jedoch bestehen hier auch Unterschiede an einem Hirnschnitt in radialer und peripherer Richtung,<sup>1)</sup> so dass man Holz zu den zweiaxigen Krystallen zu zählen hat.

Substanz	dielektrisch	thermisch	optisch
Schiefer . . . . .	neg	neg	—
Quarz . . . . .	pos	pos	pos
Rutil . . . . .	pos	pos	pos
Turmalin . . . . .	neg	neg	neg
Dolomit . . . . .	neg	neg	neg
Eisenspat . . . . .	neg	neg	neg
Zirkon . . . . .	(neg)	pos	pos
Kalkspat . . . . .	neg	pos	neg
Beryll . . . . .	neg	pos	neg

Es besteht also in der Mehrzahl der Fälle Übereinstimmung im dielektrischen und thermischen Verhalten. Ausnahmen bilden Zirkon, Kalkspat, Beryll. Bei Zirkon unterscheiden sich die beiden Dielektricitätskonstanten nur um ca. 1%, so dass hier vielleicht Verunreinigungen etc. das Resultat beeinflussen können. Kalkspat und Beryll sind aber wohl als direkte Ausnahmen zu bezeichnen.

Im hiesigen Institut wurde von Herrn E. Badior nach der Methode von Röntgen an demselben Schiefer das Axenverhältnis der Isothermenellipse zu 1,4:1 gefunden. Die elektrische Absorption war in dem Schiefer nicht erheblich; sie war etwas grösser, wenn die elektrische Kraft parallel zur Schieferung ging, als wenn die Kraftlinien senkrecht zur Schieferungsrichtung lagen.

1) F. Ulmer, Inaug.-Diss. Berlin, 1907.

In der Sitzung vom 11. Juli 1906 sprach Herr W. Feussner:

### **Ueber einen Interferenzmessapparat und eine damit von Herrn Dr. E. Schmitt ausgeführte Untersuchung.**

Der Vortragende führte den nach seinen Angaben von der Firma Carl Zeiss in Jena ausgeführten, zu möglichst vielseitigen Beobachtungen und Messungen von Interferenzerscheinungen besonders an dünnen Blättchen bestimmten Apparat vor, erläuterte seine Wirkungsweise und Gebrauch und berichtete sodann über eine Untersuchung, welche Herr Eugen Schmitt unter seiner Leitung mit demselben über die Interferenzstreifen bei keilförmigen Blättchen und ihre Anwendung zur Dickenbestimmung dünner Schichten angestellt hat.

Der Apparat ist im Wesentlichen folgendermassen beschaffen. Auf drei Füßen ruht eine kräftige Grundplatte aus Eisenguss, welche einen in ganze Grade getheilten messingenen Teilkreis, den Limbus, trägt, in dem sich ein zweiter, mit Nonien versehener Kreis, die Alhidade, drehen lässt. An den Nonien sind unmittelbar drei Minuten abzulesen. Die Mitte der Grundplatte und der beiden Messingkreise ist durch eine kreisförmige Oeffnung durchbrochen, deren Durchmesser bei den letzteren etwa 75 Millimeter beträgt, und um welche in gleichen Entfernungen vom Mittelpunkt drei feine Mikrometerschrauben so angeordnet sind, dass sie die Ecken eines gleichseitigen Dreiecks bilden. Auf die nach oben gerichteten Spitzen dieser Schrauben kann eine gut eben geschliffene geschwärzte Messingplatte von 70 Millimeter Durchmesser und 5 Millimeter Dicke aufgelegt werden, auf deren Rückseite eine kreisförmige Furche eingedreht ist, in welche die Schrauben eingreifen. Auf diese Messingplatte wird entweder unmittelbar oder mit einer ge-

eigneten Unterlage das zu beobachtende dünne Blättchen so aufgelegt, dass seine obere Fläche mit der Ebene des Limbus und der Alhidade zusammenfällt. Wenn die dünne Schicht durch zwei Platten gebildet wird, kann auch die eine festgelegt werden, während die andere von den drei Schraubenspitzen getragen, gegen sie beweglich ist. Die feste kann auch durch eine Flüssigkeitsoberfläche ersetzt werden. Die Grundplatte ist an zwei entgegengesetzten Stellen mit nach oben gerichteten Backen versehen, auf welche zwei sehr gut abgedrehte Stahlkegel so aufgesetzt sind, dass ihre Achsen in der Ebene des Limbus und in der Richtung eines Durchmessers desselben liegen. Diese Stahlkegel bilden die Drehungsachse für einen gabelförmigen Arm, auf dem Diaphragmen oder Linsen, beziehungsweise ein leichtes Fernröhrchen so angebracht werden können, dass die Gesichtslinie auf den Mittelpunkt des Limbus gerichtet ist. Mit der Drehung des Arms ändert sich die Neigung der Gesichtslinie und kann an einem Verticalkreis auf drei Minuten genau abgelesen werden. Das Instrument ist auch zum Umlegen eingerichtet, so dass dann die Einfallsebene des Lichts wagrecht liegt, und man die Erscheinungen leicht aus grösserer Entfernung beobachten kann, als die beschränkte Länge des Arms sonst gestattet.<sup>1)</sup>

Dieses Instrument hat Herr Dr. E. Schmitt zur Prüfung der von mir früher aufgestellten Formel für die Richtung der Interferenzstreifen keilförmiger Blättchen<sup>2)</sup> und ihrer Anwendbarkeit zur Dickenbestimmung solcher Schichten<sup>3)</sup> benutzt.

Bezeichnen wir als „Einfallsebene“ die durch die Gesichtslinie, d. h. die Achse des auf das Blättchen gerichteten Beobachtungsinstruments (Linse mit Schirm, Fernrohr oder blosses

---

1) Vergl. die Beschreibung und Abbildung des Instruments im Handbuch der Physik. Herausg. v. A. Winkelmann, 2. Aufl. Bd. VI, S. 971.

2) Sitz.-Ber. der Ges. z. Bef. d. ges. Naturw. zu Marburg 1880, S. 21. Wiedem. Ann. 14, 558, 1881.

3) Sitz.-Ber. d. Ges. z. Bef. d. ges. Naturw. zu Marburg 1903, S. 76.

Auge) und die Normale auf die Vorderfläche des Blättchens bestimmte Ebene, nennen wir  $\psi$  den Winkel der Interferenzstreifen auf dem Schirm oder der Netzhaut des Auges mit der Einfallsebene, positiv gerechnet im Sinn einer Drehung von der Linken zur Rechten um die vom Blättchen zur Linse gehende Achse,  $b$  die Entfernung der Linse (bezw. des Auges) vom Blättchen,  $\alpha$  den Winkel zwischen Blättchennormale und Gesichtslinie,  $n$  das Brechungsverhältnis des Blättchens,  $\vartheta$  den Neigungswinkel seiner beiden Flächen gegeneinander,  $\varphi$  den Winkel, welchen die Ebene dieses Neigungswinkels mit der Einfallsebene bildet, endlich  $D$  die Dicke des Blättchens an der Stelle, wo die Gesichtslinie es trifft, dann ist die Richtung der Streifen gegeben durch die Gleichung

$$(1) \quad tg \psi = \frac{\sin 2\alpha}{2(n^2 - \sin^2\alpha)} \frac{D}{b \sin \varphi} \frac{\cos \alpha \sin \varphi}{\cos \varphi}$$

Bei den Beobachtungen des Herrn Dr. Schmitt wurden mit Rücksicht auf ihre Anwendung zur Dickenbestimmung die Blättchen immer so gelegt, dass die Keilkante der Einfallsebene parallel verlief, dann ist  $\varphi = \frac{\pi}{2}$  oder  $\frac{3\pi}{2}$ , und die obige Gleichung wird:

$$tg \psi = \frac{\sin 2\alpha}{2(n^2 - \sin^2\alpha)} \frac{D}{b}$$

Nun wurde aber auch die Abweichung der Streifen von der Einfallsebene nicht auf dem Schirm bezw. der Netzhaut, sondern in der Ebene des Blättchens selbst gemessen. Bezeichnen wir sie hier mit  $\psi'$ , so ist

$$(2) \quad tg \psi' = \frac{\sin \alpha \cos^2 \alpha}{(n^2 - \sin^2 \alpha) b} \frac{D}{\vartheta} \quad \text{oder} \quad D = b \vartheta \frac{n^2 - \sin^2 \alpha}{\sin \alpha \cos^2 \alpha} tg \psi'$$

was für Luftschichten ( $n = 1$ ) in

$$(2a) \quad tg \psi' = \frac{\sin \alpha}{b} \frac{D}{\vartheta} \quad \text{oder} \quad D = \frac{b \vartheta}{\sin \alpha} tg \psi'$$

übergeht.

Zu den Versuchen wurden vier von C. Zeiss in Jena bezogene Glasplatten und eine Luftschicht benutzt, die sich Herr Schmitt selbst herstellte. Die Glasplatten waren rund, ungefähr 30 Millimeter im Durchmesser, hatten vollkommen eben geschliffene Flächen, ihre Dicke in der Mitte lag zwischen etwa 0,24 und 1,17 Millimeter und die Neigungswinkel der drei dünnsten betragen nahe 2, der der dicksten nicht ganz 0,8 Minuten. Die Luftplatte wurde durch zwei unter Zwischenschiebung passender Staniolstreifen übereinandergelegte planparallele Glasplatten gebildet, ihre Dicke in der Mitte betrug etwa  $\frac{1}{20}$  Millimeter, ihr Neigungswinkel nicht ganz  $1\frac{1}{2}$  Minuten. Die Beleuchtung geschah hauptsächlich mit einer Quecksilberbogenlampe aus Quarzglas von Heraeus in Hanau oder mit einer Natriumflamme.

Die Platten wurden in den beschriebenen Interferenzmessapparat so eingelegt, dass die Ebene ihres Neigungswinkels senkrecht zur Einfallsebene war, was dadurch hergestellt wurde, dass die Interferenzstreifen, oder wenn diese gekrümmt waren, ihre Tangenten im Mittelpunkt des Blättchens dem in die Einfallsebene gedrehten, an der Alhidade befestigten Draht bei senkrechter Betrachtung von oben parallel gestellt wurden. Es wurde dann durch Neigung des Arms des Instruments der Einfallswinkel, unter dem beobachtet wurde, von 5 zu 5 Grad vergrößert, dadurch änderte sich die Richtung der Streifen, die Alhidade wurde gedreht bis der Draht ihnen wieder parallel stand und der Drehungswinkel  $\psi'$  abgelesen. So wurde fortgefahren bis die Streifen aufgehört sichtbar zu sein. Dann wurde die Platte um 180 Grad gedreht und ein neuer Satz von Beobachtungen in der gleichen Weise wie die vorigen ausgeführt. Für jede Platte wurden sowohl für Quecksilberlicht wie für Natriumlicht bei den Entfernungen  $b$  des Diaphragmas von 400 und von 100 Millimeter je vier solcher Sätze durchgemessen, nur bei der dicksten Glasplatte konnte für Natriumlicht und  $b = 100$  mm keine Beobachtung ausgeführt werden, weil die Streifen schon

bei  $\alpha = 15^\circ$  nicht mehr sichtbar und bei den kleineren Einfallswinkeln zu stark gekrümmt waren, um eine sichere Einstellung zuzulassen.

Aus diesen Beobachtungen wurden nun für jede Platte die Mittelwerte der Drehungswinkel  $\psi'$  für alle Einfallswinkel  $\alpha$  und die beiden Entfernungen  $b$  des Auges abgeleitet und die zugehörigen wahrscheinlichen Fehler bestimmt. Diese Werte wurden mit den nach Formel (2) bzw. (2a) berechneten verglichen. Dem Begriff des wahrscheinlichen Fehlers gemäss ist eine Formel dann als durch die Beobachtung bestätigt anzusehen, wenn etwa die Hälfte der Unterschiede zwischen Beobachtung und Rechnung kleiner, die Hälfte grösser als die wahrscheinlichen Fehler sich ergeben. Herr Schmitt fand bei dieser Vergleichung in 67 Fällen die Abweichungen kleiner, in 72 Fällen grösser als die wahrscheinlichen Fehler. Das bedeutet eine Bestätigung der Formeln durch die Beobachtung, wie sie schärfer nicht erwartet werden kann. Bezüglich der Einzelheiten muss ich auf die Dissertation verweisen sowie auf eine Bearbeitung, die demnächst in den Annalen der Physik erscheinen wird.

Herr Schmitt hat auch einige Beobachtungen über die Gestalt der Streifen angestellt, die bei einigermaßen dicken keilförmigen Platten sehr erheblich von der graden Linie abweicht.

Diese Krümmung der Streifen kann ebenso wie ihre Abweichung von der zur Keilkante parallelen Lage aus einer elementaren Betrachtung gefolgert werden, wozu wir den Grundgedanken Herrn Professor Richarz verdanken. Um zuerst die Notwendigkeit der Drehung der Streifen zu zeigen, denken wir uns die Platte in der Lage wie sie bei den Beobachtungen des Herrn Schmitt benutzt wurde, d. h. so, dass die Keilkante der Einfallsebene des Lichts parallel liegt. Dann laufen bei senkrechter Betrachtung die Streifen von der Lichtquelle gerade auf den Beobachter zu, bei schiefer Betrachtung aber drehen sie sich, und zwar so, dass das vom

Beobachter entferntere Ende nach der dickeren Seite der Platte verschoben wird. Das erklärt sich folgendermassen. In den Punkten desselben Streifens haben die interferierenden Strahlen den gleichen Gangunterschied  $\mathcal{A}$ . In erster Annäherung ist aber

$$\mathcal{A} = 2D\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha} \text{ oder } = 2nD\cos r,$$

wenn  $r$  den Brechungswinkel in der Platte bedeutet. Gehen wir nun bei schiefer Betrachtung von einem Punkt eines Streifens parallel der Keilkante ein Stück fort, so dass der Einfallswinkel wächst, so wächst auch  $r$ , der  $\cos r$  nimmt also ab, während  $D$  unverändert bleibt, es hat also hier  $\mathcal{A}$  abgenommen, und damit wir an einen Punkt von ungeändertem Gangunterschied gelangen, müssen wir uns zu einer dickeren Stelle der Platte wenden. Eine ganz ähnliche Überlegung zeigt, dass bei senkrechter Betrachtung der Platte sowohl nach der Seite der Lichtquelle hin als in entgegengesetzter Richtung eine Biegung der Streifen nach der dickeren Platten-seite eintreten muss, nur ist in der Nähe von  $r = 0$  die Änderung des Cosinus sehr gering, so dass die Abweichung der Streifen bei kleinen  $D$  unmerklich wird.

Zu berechnen ist die Gestalt der Streifen mit Hülfe der kleinen Glieder der dritten Ordnung in dem Ausdruck für den Gangunterschied zweier interferierender Strahlen, die ich für den allgemeinen Fall abgeleitet habe.<sup>1)</sup> Führen wir in sie die für unsern besonderen geltenden Werte

$$\alpha = 0^\circ, \varphi = 90^\circ$$

ein, so vereinfachen sie sich sehr, und wir bekommen als Gleichung unserer Streifen auf dem Schirm (der Netzhaut)

$$n^2 b \vartheta \cdot \zeta + \frac{D}{c} (\eta^2 + \zeta^2) = \text{Const}$$

worin  $\eta$  und  $\zeta$  ihre Coordinaten bedeuten und  $c$  die Entfernung des Schirms von der Linse. Sie bilden con-

1) Sitz.-Ber. d. Ges. z. Bef. d. ges. Naturw. zu Marburg 1882, S. 6.

centrische Kreise, deren Mittelpunkt von dem der Platte aus um die Strecke  $n^2 \frac{bc}{D} \mathcal{J}$  senkrecht zur Keilkante nach der dickeren Plattenseite hin entfernt liegt. Für den Halbmesser des Kreises, der durch die Mitte des Blättchens geht, ergibt sich also in der Ebene des letzteren gemessen der Wert

$$\frac{n^2 b^2}{D} \mathcal{J}.$$

Herr Schmitt hat ihn an den vier Glasplatten gemessen und gute Uebereinstimmung mit der Rechnung gefunden.

Schliesslich untersuchte Herr Schmitt die günstigsten Bedingungen für die Dickenbestimmungen keilförmiger Schichten. Für Glasplatten ergab sich, dass der Einfallswinkel am besten nach der Formel

$$\sin^2 \alpha = \frac{3n^2 - 1}{2} - \sqrt{\frac{(3n^2 - 1)^2}{4} - n^2}$$

bestimmt wird. Das ergibt einen Winkel von etwa 40 Grad. Die Entfernung des beobachtenden Auges oder Instruments vom Blättchen wird am besten gleich  $\frac{1}{5}$  der Entfernung der Keilkante von der betrachteten Stelle gewählt. Als wahrscheinlicher Fehler ergibt sich dann ungefähr  $\frac{1}{2}$  Prozent der Blättchendicke. Bei Luftschichten würde nach den Formeln der Einfallswinkel am besten möglichst gross genommen, doch empfiehlt sich aus praktischen Gründen ein Winkel von etwa 60 Grad.

---

# Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der  
gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

---

---

**Nr. 6**

**Juli**

**1907**

---

---

In der ordentlichen Sitzung vom 10. Juli sprach Herr  
Prof. Disse

**„Ueber die Bildung des Zahnbeins“**

(mit 2 Abbildungen im Text)

Das Zahnbein (Elfenbein, Dentin) ist hinsichtlich seiner physicalischen Eigenschaften, Härte, Festigkeit, Elasticität, dem Knochengewebe ähnlich; es besitzt, wie dieses, eine verkalkte Grundsubstanz, die von Zügen leimgebender Fibrillen durchsetzt wird. Während aber das Knochengewebe ein System zusammenhängender, gefässführender Canälchen besitzt — die Havers'schen Canälchen — und ausserdem von den Knochenlücken und den Knochencanälchen — feinsten, saftführenden und Zellen umschliessenden Räumen — durchzogen wird, finden wir das Dentin für gewöhnlich frei von Blutgefässen, sowie von Zellen und Saftlücken; es wird aber das Zahnbein von zahlreichen, engen, parallel laufenden Canälen, den Dentincanälchen, durchbohrt, die an der inneren Oberfläche des Dentins beginnend die ganze Lage durchsetzen, sich einigemale teilen, im ganzen Verlauf feine Seitenzweige abgeben und theils in der äussersten Schicht des Dentins, theils erst in dem darüber liegenden Schmelzüberzug endigen.

Die zwischen den Canälchen gelegene Grundsubstanz erscheint homogen; sie wird aber wie v. Ebner zuerst nachgewiesen hat, von Fibrillen durchzogen, die im Allgemeinen der Oberfläche des Zahns parallel verlaufen.

Jedem Dentincanälchen kommt eine dünne, von der Grundsubstanz verschiedene, sehr widerstandsfähige Wandung zu — die Neumann'sche Zahnscheide; das Canälchen enthält eine lange, feine, die Lichtung nicht ganz ausfüllende Faser, die Zahnfaser, welche der Fortsatz einer Zelle ist. Die Zellen, die Dentinzellen (Odontoblasten, Elfenbeinzellen) welche ihre Ausläufer in die Zahncanälchen entsenden, liegen ähnlich einem Epithel der Innenfläche der Dentinschicht an; sie sind nicht nur im ausgebildeten Zahn vorhanden, sondern sie gehören zum Dentin in jedem Stadium seiner Entwicklung. Sobald Dentin vorhanden ist, findet man diese Dentinzellen an der inneren Fläche der Dentinlage vor; es gibt kein Dentin ohne Dentinzellen. Bis in die neueste Zeit ist es als sichergestellt erachtet worden, dass die Bildung der Dentinlage an die Dentinzellen geknüpft ist, und dass das Dickenwachstum des Dentins auf die Thätigkeit der Dentinzellen zurückgeführt werden muss.

Es konnte aber nicht angegeben werden, wie die näheren Vorgänge bei der ersten Bildung und bei dem Wachstum des Dentins sich gestalten. Die Frage, ob sich das Zellprotoplasma direkt in Dentin umwandelt, oder ob das Dentin in einer von den Zellen ausgeschiedenen Schicht entsteht, blieb ungelöst. Das Dentin gehört zu den „Grundsubstanzen“ der Bindegewebsgruppe; die Herkunft dieser „Grundsubstanz“, und ihre Beziehung zu den geformten Elementen, die innerhalb der Grundsubstanz auftreten, ist auch heutzutage schwierig zu erkennen, und strittig ist bis jetzt die Frage, ob die in der Grundsubstanz auftretenden Faserzüge z. B. die Fibrillen des Bindegewebes, lediglich der Grundsubstanz angehören, oder ob sie in den Zellen entstehen und von diesen aus in die Grundsubstanz gelangen. Bei dieser Sach-

lage darf es nicht Wunder nehmen, dass die Beteiligung der Dentinzellen an der Bildung der Grundsubstanz des Dentins nebst den in ihr gelegenen Fibrillen bestritten wird; v. Korff (1) hat in neuester Zeit die Ansicht verfochten, dass die Dentinzellen nichts mit der Bildung der Grundsubstanz des Zahnbeins zu tun haben, sondern dass diese lediglich auf Rechnung der Zahnpulpa zu setzen ist. Zwischen den Dentinzellen treten aus der Pulpa kommende Faserzüge auf, die bis an die Basalmembran des Schmelzorgans reichen; diese Fasern, die sich an der Aussenfläche der Dentinzellen zu einer fein fibrillären Lage verbinden, liefern die Grundsubstanz des Dentins. Die Fibrillen werden direkt zu den Fibrillenzügen des Zahnbeins. Den Dentinzellen kommt höchstens die Aufgabe zu, die Zahnfaser, vielleicht auch die Zahnscheide, zu bilden; sie liefern ein Röhrensystem, in welchem die aus der Pulpa kommenden Nährflüssigkeit für das Dentin circulieren kann.

Nun kann die Existenz der durch v. Korff entdeckten Fasern, die von der Pulpa aus zwischen die Dentinzellen eindringen, nicht bestritten werden. Die Anerkennung der Tatsache schliesst aber noch nicht die Anerkennung der Deutung ein, die v. Korff seinem Befunde gegeben hat. Die „Korff'schen Fasern“ haben einen anderen Verlauf, wie die Fibrillen der Grundsubstanz des Dentins; diese Fibrillen verlaufen senkrecht zur Richtung der Dentin-canalchen, die Korff'schen Fasern verlaufen den Canälchen parallel. Die Fibrillen des Dentins haben nicht den geringsten Zusammenhang mit den Faserzügen der Pulpa; die Korff'schen Fasern kommen aus der Pulpa heraus. Die Dentinfibrillen geben beim Kochen Leim, die Korff'schen Fasern sind nicht leimgebend. Nach solchen Erwägungen kommt v. Ebner (2) zu dem Schluss, dass die Korff'schen Fasern mit der Bildung der Grundsubstanz des Zahnbeins nichts zu tun haben können.

Mit einer Reihe von Einwürfen gegen diese neueste Theorie ist nun aber die Aufgabe, die Bildung der Zahnbein-

grundsubstanz klarzustellen, nicht gelöst; wir müssen fragen: wenn das Dentin, Grundsubstanz und Fibrillen, nicht von Seiten der Pulpa gebildet wird, wenn die Korff'schen Fasern nicht zu Dentin werden, wie entsteht dann das Dentin eigentlich?

Diese Frage habe ich an den Milchzähnen menschlicher Embryonen zu lösen versucht und gebe hier Nachricht über die Resultate dieser Untersuchung.

Das Material entstammt Embryonen des 5. Monats; es war in Müller'scher Lösung fixirt, in verdünnter Salzsäure entkalkt, und Jahre hindurch in Alcohol aufbewahrt. Die zur Untersuchung verwendeten Stücke des Unterkiefers wurden im Stück in Haemalaun vorgefärbt, in Paraffin eingebettet, in feine Schnitte zerlegt (5—8  $\mu$ ) und auf dem Objectträger nachgefärbt. Die dazu verwendete Lösung hatte die Zusammensetzung: Rubin S 1.0, Orange 0.5, 95% Alcohol 90.0, Glycerin 10.0. Dauer der Färbung 1 Minute; Abspülen in 95% Alcohol, Entwässern, Oleum Origani, Balsam.

Bei diesem Verfahren färbt sich die Pulpa rot, während die Kerne der Pulpazellen und der Odontoblasten blau werden; die jüngste Dentinlage wird carminrot, das bereits verkalkte Dentin färbt sich orange. Es ist das eine Färbung, welche die in der Grundsubstanz auftretenden Structuren im fibrillären Bindegewebe, sowie auch bei der Knochenbildung in Membranen ausgezeichnet deutlich macht. Deshalb wurde von der Anwendung anderer Färbungen abgesehen.

Man kann nun mit Hülfe der genannten Technik Präparate erhalten, die sowohl über die Bildung der Grundsubstanz des Zahnbeins, als auch über die Entstehung der Zahnscheiden Aufschluss geben.

1. Die Bildung der Grundsubstanz des Dentins muss man da untersuchen, wo die Ablagerung des Zahnbeins beginnt. Das ist der der Basis der Zahnpapille zugekehrte freie Rand der Dentinlage, die wie eine Kappe der Zahn-

papille aufsitzt, und sich zwischen die Pulpa und das innere Epithel des Schmelzorgans einschiebt. (Vgl. Fig. 1.)

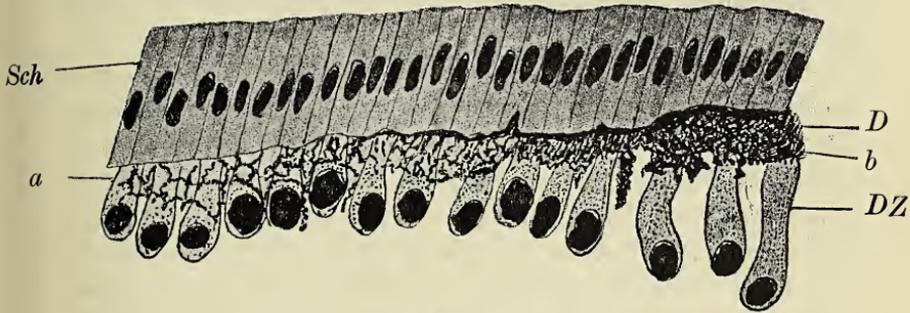


Fig. 1.

Menschlicher Schneidezahn, Längsschnitt des freien Randes der Dentinlage. Zeiss. homogene Imm.  $\frac{1}{12}$  Oc. 3. *D* Dentin; *a* bezeichnet den nach der Basis der Papille gewendeten, *b* den nach der Spitze sehenden Rand.

*Sch* Inneres Epithel des Schmelzorgans; *DZ* Dentinzellen.

Wir finden hier, von Innen nach Aussen vorschreitend  
1) Eine einfache Lage grosser Dentinzellen (*DZ*) 2) die dünne Dentinlage *D*, von *a* nach *b* an Dicke zunehmend; 3) Die innere, aus hohen Cylindern bestehende Lage des Schmelzepithels (*Sch*) die sich gegen das Dentin durch eine Basalmembran abgrenzt.

Das Dentin ist nur eine Strecke weit, in der Nachbarschaft von *b*, als zusammenhängende, compacte Lage entwickelt, mit welcher 3 Dentinzellen zusammenhängen (Die Figur ist vermittelst des Abbe'schen Zeichenapparats entworfen, und gibt alle Zellen wieder, die bei der gleichen Einstellung sichtbar sind); sie erscheint von da ab als ein Netzwerk ungleich dicker, körniger, lebhaft gefärbter Fäden, von dem aus hie und da gröbere, zacken- und nadelförmige Fortsätze zwischen die Dentinzellen eindringen. An diesen Fortsätzen sieht man gleichfalls eine Zusammensetzung aus Körnchen. Nach der Basis der Papille hin wird das Netzwerk weit-

maschiger; es umgreift die einzelnen Zellen, aber vornehmlich den äusseren Abschnitt, der bis an die Basalmembran des Schmelzepithels reicht, während der innere, den Kern umschliessende Abschnitt der Dentinzelle von dem Netz nicht berührt wird. (Fig. 1, bei *a.*)

Dieses Netzwerk liegt, wie die Abbildung deutlich zeigt, zwischen den Dentinzellen; es gehört der Intercellularsubstanz an. Wenn man eine Hauptrichtung der Fasern innerhalb des Netzwerkes angeben wollte, so wäre diese der Oberfläche der Pulpa parallel, senkrecht zur Längsaxe der Dentinzellen. Aber, es muss wiederholt werden; es handelt sich nicht um glatte, gleichmässig dicke Fasern, es handelt sich um Körnchen, die zu Fäden aneinander gereiht sind. Mit den fädigen Elementen der Pulpa, besonders mit den langen Ausläufern der Pulpazellen, hat das beschriebene Netz keinerlei Zusammenhang. Es fehlen in diesem Stadium überhaupt die Korff'schen Fasern: da die untersuchten Zähne in Schnittserien zerlegt wurden, wären die so prägnant hervortretenden Bildungen sicherlich gefunden worden, wenn sie an dieser Stelle dagewesen wären.

Das rot gefärbte Netzwerk wird engmaschiger, und erscheint schon in geringer Entfernung von dem Ort seines ersten Auftretens als kompakte Lage, die ohne Zweifel als Dentin erklärt werden muss. Wir haben in dem Netzwerk die erste Anlage dieser Substanz vor uns. Das Dentin entsteht also intercellulär; es erscheint in Form von Fäden und von Nadeln, die aus feinen Körnchen bestehen. Es ist von Wichtigkeit, sich zu erinnern, dass auch die erste Anlage der Fibrillen des Bindegewebes und die erste Anlage der osteogenen Substanz, die die Deckknochen des Schädels und des Gesichts liefert, aus Fäden besteht, die sich in Rubin *S* lebhaft färben, aus Reihen von Körnchen entstehen, und intercellulär gelegen sind. Die Körnchen bilden sich zuerst in der unmittelbaren Nachbarschaft von Zellen, und liegen den Zellen auf, erscheinen aber auch bald innerhalb der

Grundsubstanz weiter von den Zellen entfernt. (Vergl. die Untersuchungen von Golowinski (3). Charakteristisch für das Dentin und auch für das osteogene Gewebe, ist die Netzbildung der Fäden; die Fäden verbinden sich, sie kreuzen sich nicht nur.

Mit den Fibrillen des Dentins hat die Netzform der ersten Anlage des Dentins noch nichts zu tun; zunächst wird das junge Dentin kompakt und ist homogen. Die Dentinzellen bleiben nun bei der ersten Bildung des Dentins keineswegs passiv; sie weisen charakteristische Veränderungen auf. Jede Dentinzelle zerfällt in zwei Zonen, eine innere und eine äussere. Die innere Zone besteht aus einem dichten, in Rubin S sich lebhaft färbenden Protoplasma, das den grossen, chromatinreichen, kugligen Kern umschliesst. Der Kern liegt durchweg im inneren, der Pulpa zugekehrten Ende der Zelle. Im Gegensatz zu dieser inneren, voluminöseren Zone steht eine äussere die etwa die periphere Hälfte der Zelle begreift. Hier ist der Durchmesser der Zelle kleiner, das Protoplasma ist nicht scharf begrenzt, färbt sich schwach, sieht mehr homogen aus; die äussere Zone hebt sich sehr deutlich von der inneren ab. Zwischen den äusseren Abteilungen der Dentinzellen aber liegt das Netzwerk, das in die Dentinlage sich fortsetzt; wir werden nicht fehl gehen, wenn wir das veränderte Aussehen, die verminderte Färbbarkeit, die Verschmälerung der Zelle auf Rechnung der Produktion einer Intercellularsubstanz setzen, welche die Fähigkeit hat, zu Dentin zu werden. Denn, es tritt Dentin nur da auf, wo Dentinzellen liegen; es tritt zuerst nur zwischen den äusseren Hälften dieser Zellen auf.

Der Nachweis der ersten Dentinanlage gelingt aber nur durch die erwähnte Färbung; andere Färbungen auf Fasern, z. B. die Combination von Haematoxylin und Phosphormolybdänsäure nach Mallory, heben die Dentinanlage nicht hervor, sondern verwischen sie.

## 2. Die Bildung der Zahnscheiden.

Die zuerst gebildete, äussere Lage des Zahnbeins ist kompakt; erst die inneren später entstandenen Schichten, die sich nach und nach anlagern, werden von Canälchen durchbohrt, den Zahncanälchen. Diese erscheinen von Anfang an als enge Röhren mit einer selbständigen Wandschicht; die Wandung färbt sich in Rubin *S* rot, und grenzt sich dadurch gegen die Grundsubstanz des Zahnbeins ab. (Fig. 2, *W*) Wie schräge Flächenschnitte zeigen, liegen in der unmittelbaren Nähe der Dentinzellen, also in der jüngsten Dentinlage, die Canälchen dicht aneinander (Fig. 2 *a*) sie sind weit, besitzen den Durchmesser einer Dentinzelle, 0,007 bis 0,008 mm, und umschliessen die äusseren Abschnitte der Dentinzellen (Fig. 2 *a* *Z*). Näher dem Schmelz haben die Dentincanälchen nur noch einen Durchmesser von 0,0036 mm; sie werden von einander durch eine homogene Lage von Grundsubstanz getrennt, und enthalten die feinen Zahnfasern, die nur die centralen Abschnitte der Canälchen einnehmen, sodass neben ihnen viel Raum bleibt (Fig. 2 *b*).

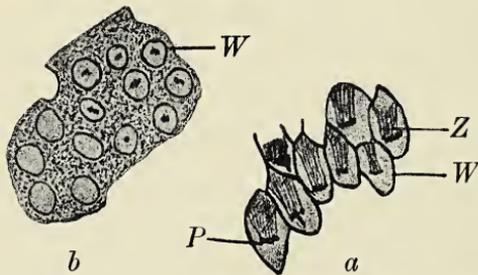


Fig. 2.

Mensch, embryonaler Molarzahn. Schräger Flächenschnitt durch die Dentinlage. *a* innerster, weiter Abschnitt der Zahncanälchen; *b* Zahncanälchen in der Mitte der Dentinschicht. *W* Wandung der Zahncanälchen (Zahnscheide) *Z* der äussere Abschnitt einer Dentinzelle, der von der Zahnscheide umfasst wird; er wird durch die Platte *P* abgeschlossen.

Zeiss. homogene Imm.  $\frac{1}{12}$  Oc. 3. Abbe'scher Zeichenapparat.

Die Zahncanälchen beginnen also mit weitem Abschnitt in der unmittelbaren Nähe der Dentinzellen, und werden hier

durch wenig Grundsubstanz von einander getrennt; sie verjüngen sich auf die Hälfte ihres ursprünglichen Durchmessers, und dabei tritt zwischen ihnen mehr Grundsubstanz auf. In den weiten Abschnitt eines jeden Canälchens ragt eine Dentinzelle hinein, und füllt mit ihrem äusseren Abschnitt das Canälchen unvollständig aus. Gelegentlich kann man beobachten, dass die Zahnscheide bis auf die innere Zone der Dentinzelle reicht, und hier in Berührung mit dem Protoplasma aufhört; ihr Anfangsstück verhält sich wie eine, der äusseren Zone der Dentinzelle zukommende Zellmembran. Das von ihr umschlossene Stück der Dentinzelle besteht aus verändertem Protoplasma; und dieses wird an der Endfläche durch eine Platte begrenzt, welche aus stark färbbaren Körnchen zusammengesetzt erscheint (Fig. 2a P). Von der aus der Zelle herauskommenden Zahnfaser wird die Platte durchsetzt.

Jede Zahnscheide steht also in ganz naher Beziehung zu einer bestimmten Dentinzelle; sie berührt deren Aussenfläche, und trennt sie von der zwischen den Zellen befindlichen Substanz. Erst wenn die Dentinlage eine bestimmte Dicke besitzt, beginnt die Bildung der Zahnscheide. Für diese kann nur die betreffende Dentinzelle in Betracht kommen. Die Zahnscheide verhält sich zu dieser Zelle, wie die Wandschicht einer Knorpel- oder Knochenhöhle zu der darin liegenden Knorpel- oder Knochenzelle. Man kann auch durch dieselbe Färbung, die die Zahnscheiden darstellt, die Wandungen der Höhlen im wachsenden Knorpel und im jungen Knochen nachweisen. Auch die Zeit des Auftretens dieser Wandschichten ist in Dentin, Knorpel und Knochen ungefähr die gleiche; die Wand zeigt sich, wenn ein gewisses Quantum der Grundsubstanz vorhanden ist. Die Wandschicht bildet dann die innere Grenze der Grundsubstanz; und diese liegt unmittelbar auf der betreffenden Zelle. Es kommt auf das Gleiche hinaus, ob man sagt: Die Wandschicht geht aus der äussersten Schicht des Protoplasmas der Zelle hervor,

oder sie entsteht aus der innersten Lage der Intercellularsubstanz: denn beiderlei Dinge liegen an der gleichen Stelle, dicht auf dem unveränderten Protoplasma.

Die lebhaft färbbaren Körnchen (Fig. 2a P) schliessen die Dentinzelle gegen den sonstigen Inhalt des Dentincanals ab. Sie gleichen ganz denjenigen Körnern, die man vor dem Auftreten der Fibrillen auf den Bildungszellen des Bindegewebes findet. Was aus diesen Körnchen wird, ist schwer zu sagen; jedenfalls muss ihr Product innerhalb des Zahncanälchens bleiben. Nun ist neben der Zahnfaser sicherlich nur amorphes, vielleicht flüssiges Material in den Zahncanälchen vorhanden; und ich möchte annehmen dass dieses Material von Seiten der Dentinzelle, die zum Canälchen gehört, gebildet wird, und dass es durch Umwandlung einer Substanz entsteht, die zunächst in Form der körnigen Platte am freien Ende der Zelle sichtbar ist. Erweisen lässt sich diese Annahme zur Zeit nicht. Der amorphe Inhalt der Zahncanälchen würde nun durch die Zahnscheide hindurch nach Aussen tretend, ein Material liefern, das zur Verdickung der Dentinlage verwendet wird; einen Grund für diese Annahme finde ich darin, dass die Zahncanälchen auseinanderrücken. Es muss also zwischen die Canälchen eine Abscheidung von Material erfolgen, und das Material kann nur aus den Zahncanälchen kommen.

Aus den mitgetheilten Beobachtungen geht wohl ohne weiteres hervor dass die Korff'schen Fasern bei der Entstehung des Dentins ganz unbeteiligt sind. Wenn sie vorhanden sind, reichen die Fasern bis an die Innenfläche der Dentinlage, aber nicht weiter. Die Dentinzellen sind die Bildner des Dentins; dieser alte Satz hat neue Stützen bekommen. Ihre Rolle bei der Dentinbildung gleicht ganz und gar der Function, die die Osteoblasten bei der Bildung des Knochens haben. Die Angabe, die v. Korff gemacht hat (4) dass nicht die Osteoblasten, sondern bindegewebige Fasern das Knochengewebe liefern sollen, ist nicht

haltbar; ich verfüge in dieser Beziehung über Beobachtungen, die ich später, bei der ausführlicheren Darstellung der Dentinbildung mitzuteilen gedenke.

---

### Literatur.

1. v. Korff, Die Entwicklung der Zahnbeingrundsubstanz der Säugetiere. Arch. f. mikr. Anatomie, Bd. 67, 1905.
2. v. Ebner, Über die Entwicklung der leimgebenden Fibrillen, besonders im Zahnbein. Wiener Sitzungsberichte, math. natw. Cl. Bd. 115. Abt. 3, 1906.
3. Golowinski, Zur Kenntnis der Histogenese der Bindegewebsfibrillen. Anatom. Hefte. Bd. 33, 1907.
4. v. Korff, Die Analogie in der Entwicklung der Knochen- und Zahnbeingrundsubstanz. Arch. f. mikr. Anatomie Bd. 69, 1906.

---

II. Ferner demonstrierte Herr Prof. Disse eine Reihe von Präparaten über die erste Ernährung der Keimblase der Spitzmaus (*sorex vulgaris*). Er zeigte, dass die Ernährung durch ein sehr zellenreiches Exsudat vermittelt wird, dessen Zellen im Epithel der Crypten der Uterusschleimhaut entstehen, zu kugligen Elementen mit hellem Protoplasma und kompaktem Kern werden, sich ablösen und im Lumen des Uterus sich anhäufen. Diese Zellen treten an das Chorion heran, zerfallen und werden vom Chorion resorbirt.

---

In der ordentlichen Sitzung vom 10. Juli 1907 sprach  
Prof. Bonhoff

**Über eine Färbemethode für Vaccine-Erreger und über  
„Reinkulturen“ derselben.**

M. H.!

Zu den unter drei Mikroskopen aufgestellten Präparaten gestatten Sie mir nur wenige Worte als Erklärung hinzuzufügen.

In der Deutschen med. Woch. vom 30. Mai d. J. hat Schmorl mitgeteilt, dass er durch Fernhaltung von Alkohol bei der Konservierung syphilitischen Materials, durch Giemsa-färbung (stundenlange!) bei in Formaldehyd gelegtem, frischem Material, wobei nach der Färbung eine Differenzierung in Kalialaun vorgenommen und damit reichlich das überschüssige Blau entfernt wurde, eine ausgezeichnete Nachweisung sehr zahlreicher Spirochaeten in Schnitten erreicht habe. Bei dieser Mitteilung interessierte mich vor allem der Umstand, dass bei irgendwie mit Alkohol in Berührung gewesenem Material der Nachweis der Spirochaeten in den Schnitten nicht oder schlecht geführt werden konnte. Hatte ich doch schon längst die Überzeugung gewonnen, dass die grosse Schwierigkeit, in Vaccine-Material die im lebenden Präparat so zahlreich vorhandenen, schwach lichtbrechenden, lebhaft beweglichen Komma- etc. Formen auch im gefärbten Zustande in solchen Mengen nachzuweisen, wie sie nach dem lebenden Präparat zu erwarten waren, in irgend einem Zusammenhang mit der Konservierung des Materials stehen müsse! Die Mitteilung Schmorl's wurde für mich die Veranlassung, die schon eingeleiteten Versuche, mit neuem Material eine Konservierung und weitere Behandlung ohne irgend welchen Alkohol vorzunehmen, zu beschleunigen. Die Präparate, die ich Ihnen heute demonstriere, verdanken der Anwendung dieser neuen Methode ihre Entstehung.

Es handelt sich dabei um einen Ausstrich von Lapine-Material vom vierten Tage nach der Impfung auf ein Deckglas und um einen Schnitt von einer ebenfalls vier Tage alten Pustel eines Kaninchens. Doch darf ich gleich hier anführen, dass ich dasselbe Resultat auch bei Kalbs- und Kinderpusteln erhalten habe. Die Konservierung ist in allen Fällen, auch bei den Deckglasausstrichen, mit Formaldehyd in 35%iger Lösung vorgenommen worden. Dabei habe ich noch einen besonderen Umstand zu erwähnen. Bei Trypanosomen-Blutpräparaten war mir aufgefallen, wie viel ausgezeichneter die Färbung der Parasiten gelingt, wenn man statt in gewöhnlicher Formaldehyd-Lösung die Konservierung in einer neutral oder besser noch schwach alkalisch gemachten solchen Lösung vornimmt. Unsere Formaldehyd-Lösungen reagieren ja bekanntlich immer mehr oder weniger stark sauer, da ein Teil des Formaldehyds fortwährend, besonders stark bei Belichtung, in Ameisensäure oxydiert wird. Trypanosomen-Präparate, in schwach alkalisch gemachten Formaldehyd-Lösungen konserviert, stellen das schönste Objekt zur Färbung in Giemsa'scher Lösung dar, was man sich denken kann. Noch nie habe ich, haben auch meine Kursisten so ausgezeichnete, klare, bis ins Einzelne wohl erhaltene Bilder dieser Parasiten erhalten, als mit dieser Methode. Die undulierende Membran selbst, nicht nur ihr verdickter Rand, ist völlig erhalten, die Zusammenhänge zwischen Blepharoplasten, Rand der undulierenden Membran und Geissel sind bei jedem einzelnen Exemplar aufs deutlichste zu erkennen, in leuchtendem Rot heben sich die genannten Teile und der grosse Kern von dem schön blau gefärbten Leibe des Parasiten ab. Daneben verschwinden die übrigen Blutbestandteile bis zu einem beträchtlichen Grade, umsomehr, je deutlicher alkalisch die Konservierungsflüssigkeit gemacht wurde; ein Umstand, der für die Erkennung der Parasiten, besonders bei etwas dicker ausgestrichenem Blut, günstig in die Wagschale fällt. Am schönsten nun scheinen mir Trypanosomen - Präparate

dann zu werden, wenn man der alkalischen Formaldehyd-Lösung noch etwas Giemsa'sche Farblösung, 10 Tropfen auf 20 ccm der schwach alkalischen Formaldehyd-Lösung, hinzufügt. Die Präparate werden in dieser Lösung vor dem Austrocknen untergebracht, bleiben in derselben 1—2 Stunden, werden dann kurz in schwach alkalisch gemachtem Wasser ab gespült, bis der Formaldehyd völlig ausgewaschen ist (eventuell also mehrere Wasserportionen hintereinander), und kommen nun für etwa eine Stunde in die Giemsa'sche Farbe, die ihre gewöhnliche Zusammensetzung hat (10 ccm Wasser, 1—3 gtt. Kali carbon., 10 gtt. Giemsalösung). Ich betone noch einmal, dass die alkalische Formaldehyd-Lösung nur s c h w a c h alkalisch sein soll, da sich bei stärkerem Alkaligehalt bei Zusatz von Giemsa-Farbe eine deutliche Zersetzung des Farbstoffs, ein Übergang der zuerst rein blauen durchsichtigen Lösung in eine Schmutzig-rosa-Färbung im Laufe einiger Stunden bemerklich macht. Bei ganz schwacher Alkaleszenz bleibt dagegen die ursprüngliche blaue Farbe dieser „Beize“ wohl erhalten, man kann sie sogar mehrfach verwenden.

In genau gleicher Weise, wie es eben von Trypanosomen-Präparaten geschildert wurde, sind auch die Deckglausstriche von Vaccine- und Lapine-Material behandelt worden, von denen ich eingangs sprach und deren einer hier unter dem ersten Mikroskop aufgestellt ist. In ähnlicher Weise sind auch die Hautstücke mit Kalbs- und Kaninchenpusteln behandelt. Natürlich sind im letzteren Falle längere Zeiten angewandt worden. Die höchstens 1 mm dicken Stückchen kamen für 2×24 Stunden in die „Beize“, wurden dann einige Stunden in mehrmals erneuertem, schwach alkalischem Wasser ausgewaschen, dann mit dem Gefrier-Mikrotom geschnitten, die einzelnen Schnitte dann in Giemsa'scher Farbe, bei der aber nur 5 gtt der käuflichen Lösung auf 10 ccm Wasser kamen, mehrere Stunden, zuweilen tagelang gefärbt, dann, nach Differenzierung mit Kalialaun, ohne jemals mit Alkohol in Berührung zu kommen, entwässert und in Xylol, dann in

Cedernöl überführt, in ähnlicher Weise, wie Schmorl es in seiner Arbeit angiebt. [Neuerdings habe ich auch die Pustelstückchen in toto in Giemsa-Lösung von obiger Konzentration gefärbt und sie erst später geschnitten, mit demselben Erfolge.]

Wenn Sie einen Blick in diese beiden ersten Präparate, Ausstrich und Schnitt, werfen, werden Sie erstaunt sein über die Unzahl kleinster, intensiv rot gefärbter Gebilde, die in dem begrenzten Raume vor Ihnen liegt. Es handelt sich der Form nach hauptsächlich um kleine Kommas, allerdings recht verschiedener Grösse. Einige überschreiten die Grösse von Choleravibrionen etwas, andere sind etwas oder wesentlich kürzer, vor allem aber so schmal, dass man sie eben als feinste Linie erkennt. Ausser Kommaformen finden sich hauptsächlich kleinste runde Formen, auch kleine dreieckige und unregelmässig begrenzte Körperchen, kurz die gleiche Vielheit von Formen, auf die ich schon immer aufmerksam gemacht habe. Sehr spärlich sind in diesen Präparaten längere Schraubenformen, Spirochaeten-ähnliche Gebilde; auch dieser Umstand im Einklang stehend mit meinen früheren Angaben; doch sind sie bei längerem Suchen bisher immer gefunden worden. Vermisst habe ich dagegen die früher in die Formen-Mannigfaltigkeit des Vaccine-Erregers von mir einbezogenen langen Fäden mit und ohne Windungen, die ich demnach jetzt für Begrenzungslinien ballonierter Zellen zu halten geneigt bin. Ich werde sogleich zu betonen haben dass ich auch von den hier zu sehenden kleinsten Formen einen Teil als nicht zum Vaccine-Erreger gehörig auszuschalten gezwungen bin.

Ausser diesen kleinen, rot gefärbten Gebilden sind nun aber auch eine beträchtliche Zahl grösserer, zum Teil recht grosser, meist unregelmässig runder, klumpiger Gebilde vorhanden, die man wohl mit Recht als der nukleären Degeneration entstammende Gebilde ansprechen darf.

Die kleineren Formen finden sich durch den ganzen Pockenkörper hindurch in ganz verblüffenden Mengen. Sie

sind streng beschränkt auf die von der Pocke eingenommene Hautstelle und fehlen völlig in den der Pustel benachbarten Hautstellen, ein Beweis, dass es sich weder um Keratohyalinkörner, noch Eleidintropfen, die sich mit Azur gefärbt haben, handelt. Nur zuweilen habe ich in den der Pustel unmittelbar anliegenden Regionen einige wenige Kommaformen in der Schleimschicht gefunden. Soviel ich bisher gesehen habe, sind die harten, hornähnlichen Schichten der Epidermis auch über der Pocke frei von diesen Formen, Stratum corneum, lucidum, granulosum sind schwach gelblich, bezw. rot gefärbt, in ihnen sind ungefärbte Klümpchen sichtbar, die wohl das Eleidin und Keratohyalin repräsentieren werden. Unter dem Pockenkörper, in der eigentlichen Cutis, habe ich die Kommaformen nicht gefunden. Die Frage, ob sie innerhalb der Zellen, und dann auch in den Kernen, oder ausserhalb gelegen sind, lässt sich, wie ich gern zugebe, an dem dort aufgestellten Gefrier-Mikrotom-Schnitt wegen dessen Dicke nicht mit Sicherheit entscheiden. Ich glaube aber aus dem Deckglausstrich-Präparat schliessen zu dürfen, dass wenigstens in diesem Stadium der Pustelentwicklung, am vierten Tage nach der Impfung, bereits eine sehr grosse Zahl frei, ausserhalb der Zellen liegender Formen vorhanden sind. In den Kernen habe ich sie deutlich bisher nicht liegen sehen.

Gehören nun alle die oben erwähnten und dort sichtbaren kleinen rot gefärbten Körperchen in den Entwicklungskreis des Vaccine-Erregers? Um Ihnen kurz meine heutige Anschauung zu sagen, so halte ich nur die Kommaformen, ferner die selten vorhandenen längeren Schraubenformen für dem Vaccine-Erreger zugehörig, während ich die kleinsten rundlichen Formen nicht mehr als in Betracht kommend ansehe, sondern ebenso wie die grösseren, unregelmässig runden, klumpigen Gebilde als Produkte der nukleären Degeneration und protoplasmatischen Zerfalls beurteile. Aber warum gehören nicht auch die sogenannten Kommaformen etc. zu diesen Zerfallsproducten? Warum sollten gerade Kern-

substanzen nicht auch in Gestalt von solchen feinen und feinsten Fädchen, die dann natürlich auch etwas über ihre Längsaxe gekrümmt erscheinen könnten, auftreten. Oder warum sollte es sich nicht z. B. bei den Kommas um Haemokonien handeln, wie Mühlens und Hartmann annehmen? In der Tat würde ich auch die letzteren Fragen vielleicht bejahen und auch die länglichen Formen als Einschmelzungsprodukte von Zellen oder gar als Haemokonien ansehen können, wenn es nicht mittlerweile gelungen wäre, eine Art Reinkultur dieser Gebilde zu erhalten, von der ich Ihnen dort unter dem dritten Mikroskop ein Präparat aufgestellt habe. Sie sehen, dass es sich dabei hauptsächlich um äusserst kleine und feine, schwach über die Längsaxe gekrümmte Formen, zu einem Teil aber auch um etwas grössere und dickere Formen handelt. Dieselben stimmen völlig mit den in den Ausstrichen und Schnitten befindlichen Kommaformen hinsichtlich ihrer Grösse und Färbbarkeit überein. Sie sind auch etwa identisch in ihrer Grösse mit den in den lebenden Präparaten gesehenen beweglichen Gebilden, sodass ich eine wesentliche Quellung durch die Alkaleszenz der konservierenden Aldehydlösung nicht für wahrscheinlich halte.

Lassen sie mich noch kurz den Weg mitteilen, auf welchem ich zu dieser Kultur gekommen bin. Wenn man von der Kochsalzverreibung eines Pustelinhalts beim Kaninchen vom vierten oder sechsten Tage eine Impfung macht auf Traubenzuckeragarröhrchen in hoher Schicht, die mit der Hälfte steriler und völlig klarer menschlicher Hydrocelen-Flüssigkeit versetzt sind, davon in üblicher Weise Verdünnungen anlegt und das Ganze bei 36° C. hält, so sieht man in den Kolonien der Verdünnungsröhrchen, die fast immer Kokken-Kolonien, meist *Staphylococcus aureus*-Kolonien sind, wenn sie einige Zeit, etwa vier Tage im Brutschrank gestanden haben, neben den Kokken im hängenden Tropfen zahlreiche lebhaft bewegliche kleinste Gebilde schwacher Lichtbrechung und von Kommaform, wie ich sie früher beschrieben habe. Impft

man von solcher einzeln liegender Kolonie zu dieser Zeit ab in Traubenzucker-Bouillon (Fleisch-, nicht Fleischextrakt-Bouillon mit Pepton und Kochsalz in üblicher Weise bereitet) plus  $\frac{1}{2}$  steriler, völlig klarer menschlicher Hydrocele-Flüssigkeit, hält mit oder ohne Luftzutritt einige Tage bei gleicher Temperatur, so sinken vom vierten Tage an die ursprünglich lebhaft vermehrten Kokken allmählich zu Boden, eine grosse Anzahl stirbt ab und gleichzeitig tritt eine immer steigende Vermehrung der kleinsten Kommaformen ein. Durch Filtration oder durch Centrifugieren kann man die Kokken völlig entfernen. Die am zehnten Tage nach Impfung des Kölbchens durch Centrifugieren völlig klargewordene Nährflüssigkeit, tatsächlich von den Kokken vollständig befreit, lässt in nächster Woche bei Brüttemperatur eine allmählich immer deutlicher werdende geringere Trübung auftreten, wobei das lebende Präparat eine steigende Anzahl der Kommaformen aufweist. Acht Tage nach der Befreiung von den Staphylokokken ist die Trübung so stark, dass man beim leisen Schütteln bei durchfallendem Licht deutlich die zarten Wolken sich bewegen sehen kann; scharfes tagelanges Ausschleudern ergibt zu dieser Zeit einen reichlichen, nur aus Kommaformen bestehenden Bodensatz, von dem ich Ihnen das Präparat unter Mikroskop drei in derselben Weise, wie oben für Schnitte und Ausstriche angegeben, gefärbt habe. [Färbungen mit gewöhnlichen Anilinfarben, mit stärker wirkenden Farben wie Carbofuchsin, Löfflers Blau etc. führen nicht zum Ziel]. Ausstriche von diesem Bodensatz auf alle möglichen Nährböden, Impfungen in flüssige Nährböden, auch in das Gemisch Traubenzucker-Bouillon plus  $\frac{1}{2}$  menschlicher Hydrocelen-Flüssigkeit bleiben selbst bei mehrwöchentlichem Aufenthalt im Brütschrank steril und völlig klar. Da der Staphylokokken-haltige Nährboden umso geeigneter zur nachheriger Vermehrung der Kommaformen erscheint, je weniger scharf er zur völligen Befreiung von den Staphylokokken ausgeschleudert werden musste, so halte ich für wahrscheinlich, dass die Reste der zu

Grunde gegangenen Kokken geradezu einen Teil des Nahrungsmaterials für die Kommaformen darstellen, dass erst nach dem Absterben und Zerfall einer grossen Zahl von Kokken überhaupt ein geeigneter Nährboden für die Vaccine-Erreger geschaffen ist. Somit würde es sich also auch nicht um eine eigentliche Symbiosis, sondern um eine Metabiosis handeln. Alle gerade hier so nötigen Controlen sind bisher negativ ausgefallen.

Die durch Berkefeld-Filter geschickten Kulturen erwiesen sich zunächst ebenfalls völlig klar, sie waren auch völlig von den Kokken befreit. Nach 24stündigen Aufenthalt im Brütschrank war eine deutliche krümelige Trübung, besonders an den Wandungen der Kulturgläser, aber auch in der Flüssigkeit vorhanden. Dieselbe nahm zu bis zum nächsten Tage. Dann aber reinigte sich die Flüssigkeit von den jetzt deutlichen Flöckchen durch ziemlich schnelles Sedimentieren und blieb vom dritten Tage nach der Filtration an völlig klar und durchsichtig, auch bei mehrwöchlichem Aufenthalt im Brütschrank. Worum es sich bei dieser in den ersten Tagen aufgetretenen Trübung handelt, habe ich noch nicht festgestellt, jedenfalls nicht um eine Verunreinigung; denn der Bodensatz ist steril. Die Flocken enthalten auch, soviel ich bisher gesehen, keine Kommaformen und ich glaube daher, dass es sich bei ihrem Auftreten um eine Reaktionsänderung des stark eiweisshaltigen Materials beim Durchgang durch das Berkefeld-Filter und eine darauffolgende teilweise Ausfällung gewisser Eiweiss- oder Eiweiss-ähnlicher Stoffe handelt. Jedenfalls spricht das Ausbleiben einer eigentlichen Vermehrung der Kommaformen in diesem Falle nicht gegen, sondern für meine oben gegebene Anschauung, dass Kokkenreste, die durch die Filtration eben zurückgehalten sind, das eigentliche Ernährungsmaterial für die acidophoben Kommaformen darstellen.

Eine Vermehrung dieser Gebilde auf dem Staphylokokken-Material hat sich bisher bis zur 12. Generation erreichen lassen. Durch Verwendung spezifisch staphylo-

tischen Serums hoffe ich, die Nährfähigkeit des künstlichen Materials steigern zu können. Inwieweit andere Bakterien günstiger oder ungünstiger als Nährmaterial sind, werden im Gang befindliche Experimente zeigen.

Tierversuche mit dem Sediment der „Reinkultur“ von Kommaformen haben insofern ein positives Resultat gehabt, als es mir bei einem unbeimpften, noch besser bei einem mit Lapine vier Tage vorher in die Haut beimpften Kaninchen gelungen ist, durch Verbringung des Sediments aus der kokkenfreien „Reinkultur“ in eine Cornealtasche deutliche Trübung und bei Konservierung der am fünften Tage ausgeschnittenen Augen in der ursprünglichen, nicht in der oben beschriebenen Weise auch Guarnieri'sche Körperchen in typischer basaler Lagerung neben den Kernen der Epithelzellen nachzuweisen. Hautimpfungen bei Kaninchen sind bisher negativ ausgefallen. Ich gestehe, dass ich mich dadurch nicht mehr einschüchtern lasse. Denn ich glaube, dass ein Krankheitserreger, der schon durch zweimalige Überimpfung vom variolakranken Menschen auf das Kalb derart abgeschwächt wird, dass er die Barre der lokalen Lymphdrüsen nicht mehr zu überwinden vermag, von vornherein die Vermutung nahelegt, er werde, auf künstlichen Nährboden übertragen und in mehreren Generationen fortgezüchtet, jede pathogene Aktivität verloren haben. Ob wir damit gleich für die Dauer auf eine Aussichtslosigkeit in praktischer Anwendung solcher Reinkulturen uns einrichten müssten, möchte ich vorderhand bezweifeln.

Es gibt selbstverständlich nunmehr eine ganze Anzahl von Wegen, sich über die ätiologische Bedeutung dieser Gebilde zu vergewissern, vor allem natürlich das Verhalten der „Reinkultur“ gegenüber dem Serum von Kälbern und Menschen, die mit Lympe kürzlich geimpft waren; das Verhalten von Tieren, die mit hohen Dosen der „Kultur“ allmählich immunisiert sind, gegen Kuhpockenlymphe etc. Mit diesen Versuchen bin ich jetzt beschäftigt.

---

# Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der  
gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

---

---

**Nr 7**

**Juli**

**1907**

---

---

In der ausserordentlichen Sitzung vom 31. Juli berichtet  
Herr Karl Schaum:

## Ueber selektive Emission.

W. von Bezold<sup>1)</sup> hat folgenden hübschen Versuch zur Demonstration der spektralen Beschaffenheit des bei verschiedenen Temperaturen emittierten Lichtes eines glühenden Körpers angegeben: Man betrachtet einen in dem äusseren Mantel der Bunsenflamme erhitzten horizontalen Platindraht durch ein Prisma, dessen brechende Kante dem Draht parallel gerichtet ist; das von dem Draht, dessen Temperatur in der Mitte des glühenden Teiles am höchsten ist, ausgestrahlte Licht erscheint zu einem Spektral-Dreieck ausgezogen, dessen Spitze violett, und dessen Basis rot ist; letztere erscheint abgerundet, d. h. die breiteste Stelle des Dreiecks entspricht nicht dem äussersten, sondern einem mittleren Rot, welches also beim Erhitzen zuerst über die Reizschwelle des Auges gelangt.

Herr cand. H. Wüstenfeld hat auf meine Veranlassung diesen Versuch zu einer bequemen Methode, okular oder

---

1) Ann. Phys. 21, 175. 1884.

photographisch den Charakter der selektiven Emission bzw. Absorption im sichtbaren Gebiet zu erkennen, ausgearbeitet. Ein dünner schmaler Platinstreifen wird zur Hälfte mit Eisenoxyd überzogen, das fast schwarze Strahlung liefert, zur Hälfte mit der zu prüfenden Substanz, z. B. mit Auermasse. Um in der Mitte des Bleches eine möglichst hohe Temperatur zu erhalten und ein schnelles „Glühgefälle“ nach den Enden zu erreichen, kann man den elektrisch zu glühenden Streifen mit grossen, die Wärme stark ableitenden Klemmschrauben fassen, oder man lässt ihn sich nach der Mitte hin verzüngen. Das Bild des glühenden Streifens wird auf den Spalt des Spektroskops projiziert. Man sieht dann zwei spektrale Halbdreiecke, welche den Charakter der Strahlung des nicht schwarzen Körpers deutlich erkennen lassen. Man sieht z. B., dass Auermasse, Zinkoxyd, Uranoxyd, Gold, Kupfer (in  $H_2$ -Atmosphäre geglüht) u. a. sehr schwache Emission im langwelligeren Rot liefern, das dagegen Smalte, Thénards Blau u. a. wenig kurzwellige Strahlen emittieren. Die Temperatur des fast schwarzen Eisenoxysds ist wegen seiner hohen Gesamtstrahlung niedriger als diejenige des Versuchskörpers.<sup>2)</sup> Um hierüber völlige Sicherheit zu haben, trifft man die Versuchs-anordnung so, dass die relativ schwärzeste Partie im Spektrum

---

2) Dass die Temperatur des Eisenoxysds unter gleichen Umständen erheblich niedriger ist, als z. B. diejenige der Auermasse, zeigt ein schöner Versuch von H. Rubens. (Ann. Phys. 18, 725. 1905.) Man taucht einen Auerstrumpf nach dem Abbrennen in Tinte; beim Glühen überzieht er sich mit Eisenoxyd, erreicht aber jetzt nur helle Rotglut. Herr O. Groskurth hat auf meinen Wunsch hin diese Tatsache verwendet, um gleichzeitig Strumpf und Flamme des Auerbrenners zu beobachten bzw. zu photographieren, was für gewisse Fragen der Leuchttechnik von Wert ist. Bei Anwendung des gewöhnlichen Auerstrumpfes wären derartige Versuche infolge seiner allzugrossen Helligkeit gegenüber der Flamme nicht auszuführen; bei Verwendung des Eisenoxydstrumpfes erhielten wir jedoch unter Zuhilfenahme eines Blaufilters (und eventuell bei gleichzeitiger Flammenfärbung mit Kalium) gute Resultate.

der zu prüfenden Substanz die gleiche oder etwas höhere Intensität hat, als die entsprechende Region im Eisenoxydspektrum. Die schwache Emission im Spektrum des Untersuchungsobjektes kann dann nicht auf zu niedrigem Glühzustand desselben beruhen.

Bei einzelnen Substanzen, ganz besonders bei Kupfer, ist die Emission im Rot so schwach, dass der Beginn des Glühens garnicht den Eindruck der „Rotglut“ macht, sondern eher als „Grünglut“ bezeichnet werden müsste.<sup>3)</sup> Die breiteste Stelle des Halb-Dreiecks, welche die zuerst über die Reizschwelle des Auges gehende Wellenlänge angibt, liegt bei den verschiedenartigsten Substanzen fast an der nämlichen Spektralstelle; aber die weitere Ausbreitung des Spektrum nach seinen Enden bei Temperatursteigerung ist ausserordentlich von der Natur der Substanz abhängig. Die Anomalie beim Kupfer etc. ist also nicht darauf zurückzuführen, dass zuerst ein Grün den Schwellenwert erreicht, sondern dass sich dem zunächst sichtbar werdenden mittleren Rot sehr schnell erhebliche Mengen grünen etc. Lichts beimischen, während die Strahlung im Rot relativ wenig zunimmt. Würde man nur einen sehr schmalen Spektralbezirk über die Reizschwelle gelangen lassen, so würde (bei genügender Dunkeladaptation) auch Kupfer etc. rotglühend erscheinen; diese Verhältnisse lassen sich vielleicht mit dem von mir in Gemeinschaft mit Herrn cand. W. Hornschu konstruierten sehr lichtstarken Spektroskop untersuchen.<sup>4)</sup>

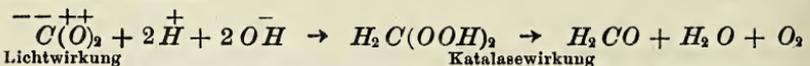
---

3) Vgl. Karl Schaum, Z. f. wissensch. Photogr. 3, 272. 1905.

4) Mittels dieses Apparates gelang es uns, die von Herrn Prof. Richarz angeregte spektrophotographische Untersuchung der Ozonlumineszenz erfolgreich in Angriff zu nehmen. Unsere Versuche machen es wahrscheinlich, dass diese Lumineszenz lediglich dem Zerfall der Ozonmolekeln zuzuschreiben ist, wie Herr Prof. Richarz vermutete. Auf seinen Wunsch soll noch mittels eines analog gebauten Quarzspektrographen untersucht werden, ob die nach unseren Versuchen anscheinend vorhandene ultraviolette Strahlung bei der Ozonlumineszenz

Projiziert man das Bild eines mit weissem Licht beleuchteten Spaltes auf den oben beschriebenen „Glühgefäll-

ebenso, wie die sichtbare, in gewissen Beziehungen zu den Absorptionsstreifen des Ozons steht. Diese Feststellung ist umso interessanter, da ja Ozon selbst durch ultraviolettes Licht gebildet wird. (Der ultraviolette Teil der Ozonlumineszenz könnte schwache Leitfähigkeit zerfallenden Ozons verursachen; stärkere Leitfähigkeit kann durch die kräftige kondensierende Wirkung sehr geringe Spuren beigemengter nitroser Dämpfe [E. Barkow, Marburger Dissertation; Ann. Phys. **23**, 317. 1907] hervorgerufen werden, wie Herr Dr. Stuchtey nachgewiesen hat; vgl. diese Berichte, 1906, 124.) Dass die Lumineszenz wohl dem Zerfall der Ozonmolekeln zuzuschreiben ist und nicht dem chemischen Vorgang an dem oxydablen Molekül, dürfte in gewisser Hinsicht überhaupt für die Theorie der Chemilumineszenz der Gase, auch der hoch erhitzten, interessant sein. Man will neuerdings z. B. die diskontinuierliche Emission des glühenden Joddampfs auf den Zerfall bzw. die Wiederentstehung der Jodmolekeln zurückführen und vermutet, dass eine derartige Strahlung nur bei Temperaturgefälle innerhalb des Dampfes möglich sei. M. E. müsste man sie jedoch auch bei einem völlig gleichtemperierten dissoziierbaren System erwarten, da das Gleichgewicht wohl kaum ein statisches, sondern ein dynamisches ist. Interessant zur Lösung der Frage, ob es thermische Entstehung von diskontinuierlichen Spektren gibt, wären daher Versuche an Quecksilberdampf oder dergl. — Die Lumineszenz beim Ozon- (bzw. Sauerstoff-) Zerfall hängt wahrscheinlich mit der Bildung der  $\overset{+}{O} - \bar{O}$ -Ionen (vgl. R. v. Helmholtz † und F. Richarz, Ann. Phys. **40**, 161. 1890, O. Mumm, Z. f. phys. Chem. **59**, 459. 1907) zusammen. Diese (oder ihre Reaktionsprodukte mit den Ionen des Wassers) bewirken durch ihre Anlagerung an ungesättigte Verbindungen (z. B.  $R - \overset{+}{C} - \bar{C} - R$ ) die Oxydation (bzw. Autoxydation). Die zunächst entstehenden Peroxyde spielen in der Natur eine grosse Rolle (vgl. C. Engler und J. Weissberg, Autoxydation, Braunschweig 1904); vielleicht sogar nicht nur bei Oxydationsprozessen, sondern auch bei Reduktionsvorgängen; man könnte z. B. daran denken, dass die Assimilation im ersten Stadium nach dem Schema



verlaufe. Auch könnte man zunächst ein photochemisch beeinflusstes Gleichgewicht  $C(OH)_4 \rightleftharpoons H_2C(OOH)_2$  annehmen.

Draht“, und wirft man von diesem wiederum ein Bild auf den Spalt, so erkennt man bei allmählicher Erhitzung, wie sich das Reflexionsvermögen der selektiv strahlenden Substanz für die einzelnen Wellenlängen mit der Temperatur ändert. Bei der Aermasse wird das Reflexionsspektrum nach der Grenzlinie der Halbdreiecke zu im kurzwelligen Gebiet immer kürzer. Bei Neodymoxyd zeigt sich die bekannte merkwürdige Tatsache, dass einzelne der scharfen Absorptionslinien mit steigender Temperatur verschwinden und andere dafür auftreten. Diese Veränderung im Absorptionsvermögen bleibt nach der Abkühlung (wenigstens längere Zeit) bestehen, was sich auch durch Verfärbung zu erkennen gibt.<sup>5)</sup> Bei Erbiumoxyd werden die Absorptionslinien bei höherer Temperatur weniger sichtbar, was wohl auf zunehmende „Schwärzung“ im gesamten Spektralgebiet zurückzuführen ist.

Man kann die beschriebenen Erscheinungen auch photographieren, wenn Platten von geeigneter Farbenempfindlichkeit angewandt werden. Zur Photographie im Rot verwendeten wir die neue Platte von Wratten u. Wainwright. Das spektrale Verhalten der Schichten untersuchten wir in folgender Weise: Vor dem Spalt wurde eine Blende vertikal derart verschoben, dass die einzelnen Streifen der Platte Expositionen erhielten, die mit einem konstanten Faktor anwachsen. Die Grenzen der Schwärzung lassen deutlich die Sensibilisierungskurve erkennen, ferner sind die Minima der Empfindlichkeit, die spektrale Gradation etc. gut wahrzunehmen.

Wir beabsichtigen unter Anwendung des phosphographischen Verfahrens mittels Sidot-Blende (etc.) analoge Studien über selektive Emission etc. im Ultrarot auszuführen.

---

5) A. Waegner (Z. f. anorg. Ch. 42, 118. 1904) führt diese Erscheinungen auf den Vorgang  $Nd_2O_3 \rightarrow Nd_4O_7$  zurück. Da einige Linien nach unseren Versuchen allmähliche Verschiebungen zu erleiden scheinen, kommen wohl noch andere Vorgänge in Betracht.

Nachher berichtete Herr E. Korschelt:

### Ueber Regenerationsversuche an *Tubifex* und *Lumbriculus*.

Von den ausgedehnten Versuchen, die von Herrn Conrad Müller im zoologischen Institut an *Tubifex* u. *Lumbriculus* vorgenommen wurden, seien hier nur kurz die hauptsächlichsten Ergebnisse mitgeteilt, da Herr C. Müller später selbst ausführlich über seine Untersuchungen berichten wird. Es sollte vor Allem festgestellt werden, wie weit die Regenerationsfähigkeit der genannten Würmer geht. Die Versuche wurden zum Teil im Winter, zum Teil im Sommer angestellt und die Ergebnisse erwiesen sich etwas verschieden in beiden Jahreszeiten.

**Kopfregeneration.** Bei *Lumbriculus* erfolgt die Neubildung eines Kopfes in allen Körperregionen bis zum Bestand von 7 bis 11 hinteren Segmenten, Schwanzstücke von dieser Segmentzahl vermögen noch einen neuen Kopf zu bilden, der durchaus normale Beschaffenheit zeigt. Hervorzuheben ist dabei, dass unabhängig von der Zahl der entfernten vorderen Körpersegmente nie mehr als 4 bis 6 Vordersegmente neu gebildet werden. — An ein und demselben Wurm konnte die Kopfneubildung bis zu elfmal hintereinander wiederholt werden.

*Tubifex* besitzt bekanntermassen ähnlich wie die Lumbriciden keine so grosse Regenerationsfähigkeit am Vorderende der Teilstücke; bei ihm kann eine Neubildung des Kopfes nur bei Verlust der sechs vorderen Segmente eintreten; weiter nach hinten erfolgt sie nicht mehr. Rasch aufeinander folgende Kopfneubildungen, wie die oben von *Lumbriculus* erwähnten, konnten bei *Tubifex* an ein und demselben Wurm nur viermal hintereinander erzielt werden.

**Schwanzregeneration.** Die Fähigkeit, ein neues Hinterende zu bilden ist bei *Tubifex* wie bei *Lumbriculus* an-

scheinend gleich stark entwickelt. An ein und demselben Exemplar von *Lumbriculus* konnte das Hinterende von Oktober bis Mitte Juli 19 mal, im Frühjahr und Sommer 23 mal zur Neubildung gebracht werden, doch sind in letzterer Hinsicht höhere Zahlen zu erwarten, da die Versuche noch in Ausführung begriffen sind.

Bei *Tubifex* liess sich die Neubildung des Hinterendes an ein und demselben Wurm von Oktober bis jetzt 21 mal, im Frühjahr und Sommer bis jetzt 20 mal feststellen, doch werden beide Versuchsreihen fortgesetzt und dürften zweifellos noch höhere Zahlen ergeben, wenn nicht unerwarteter Weise ungünstige Einflüsse die Fortführung der Versuche unterbrechen sollten.

Bezüglich der Art der Operation, besonders im Hinblick auf die Segmentzahl der abgetrennten Stücke, sollen später genauere Mitteilungen gemacht werden.

Kopf- und Schwanzregeneration. Bei gleichzeitigem Verlust des Kopf- und Schwanzendes konnte für *Lumbriculus* bis jetzt eine neun- und zehnmalige Regeneration erzielt werden; bei *Tubifex* sind derartige Versuche mit gewissen Schwierigkeiten verbunden.

In dieser Verbindung werden am besten auch die Versuche erwähnt, bei denen eine Zerstückelung des Wurmes (*Lumbriculus*) in eine möglichst grosse Zahl von Teilstücken vorgenommen wurde. Kürzere Würmer wurden in eine geringere Zahl von Teilstücken, längere in eine grössere Zahl zerlegt. Bei Zerteilung in 8 bis 23 Stücke, kann jedes Stück weiter leben, indem es ein neues Vorder- und Hinterende bildet. Die Stücke umfassten häufig nur drei Körpersegmente, brachten aber trotzdem einen Kopf und nach hinten eine ansehnliche Segmentzahl zur Ausbildung. Die so entstandenen Würmer liessen sich in gleicher Weise wieder in Teilstücke zerlegen, nur dass die Zahl der letzteren bei der geringeren Länge der betr. Würmer eine kleinere war.

Regeneration an Regeneraten. Die Versuche über Kopf- und Schwanzregeneration wurden zum Teil von alten, zum Teil von bereits neu gebildeten Körperpartien aus vorgenommen und die neu gebildeten Teile erwiesen sich bei *Lumbriculus* ebenso regenerationsfähig. Es wurde weiter versucht, Schwanzregenerate, die bereits einen gewissen Umfang (mindestens 7—10 Segmente) erreicht hatten, an ihrer Ansatzstelle vom Körper abzutrennen und sie zeigten sich durchaus lebens- und regenerationsfähig. Solche Schwanzenden, auch wenn sie nur 7 bis 10 Körpersegmente zählten, bildeten einen neuen Kopf. An diesen, aus den regenerierten Teilen erzielten Würmern, wurden folgende Versuche vorgenommen:

Die Regeneration des Schwanzendes unter Beibehaltung des natürlichen Kopfes erfolgte bis jetzt siebenmal, wobei das neu gebildete Regenerat innerhalb zehn Tagen durchschnittlich zehn Segmente zeigte.

Die Regeneration des Kopfes unter Beibehaltung des natürlichen Schwanzendes geschah bis jetzt sechsmal, wobei man nach der Operation in jeder Körpergegend ebenfalls stets nur 4 bis 6 neue Segmente beobachtete.

Die Regenerate zeigten bis jetzt eine fünfmalige Neubildung des verlorenen Kopf- und Hinterendes.

Eine recht weit gehende Regenerationsenergie zeigt der Versuch, bei welchem aus dem Regenerat eines Regenerates wieder ein ziemlich vollkommenes, wenn auch nur kleines Tier hergestellt wurde.

Heteromorphosen, Mehrfachbildungen. Bei Herrn Müllers Versuchen wurden verschiedene Missbildungen beobachtet, von denen einige hier Erwähnung finden sollen.

Unter den zu den Versuchen benutzten Würmern (*Lumbriculus variegatus*) befand sich am 18. Mai 1907 ein solcher von 4, 5 cm Länge, der in 23 ziemlich gleiche Stücke geteilt wurde. Nach ungefähr einem Monat waren alle Teile zu anscheinend vollständigen Würmern ausgewachsen, indem sie

jedenfalls Kopf und Schwanz gebildet hatten; letzterer zählte 18 bis 22 Segmente. Nur eines der Stücke hatte nach hinten einen Schwanz und nach vorn anstatt des Kopfes einen zweiten Schwanz gebildet; der eine zählte 18, der andere 22 Segmente; das Stück selbst bestand aus drei alten Körperlingen, hatte auch in beiden Enden einen funktionsfähigen Darm und After gebildet und lebte zwei Wochen. Man hatte also hier die Bildung eines heteromorphen Schwanzendes vor sich.

Ein segmentreiches Regenerat zeigte ganz dicht an seinem distalen Ende ein zweites rechtwinklig zu ihm stehendes Regenerat von 22 Segmenten mit funktionsfähigem Darm und After. Nach einer Woche hatte das Regenerat den Seitenzweig abgeschnürt.

Ein anderes, abnorm gestaltetes Individuum kam durch folgenden Versuch zu stande. Ein ausgewachsener Wurm war siebenmal am Hinterende operiert worden und zeigte am 7. Mai 1907 ein Regenerat von 30 Segmenten, die an der Ansatzstelle, also ohne alte Körperlinge entfernt wurden. Das Regenerat bildete einen Kopf und es wurde nun viermal, immer nach ungefähr 14 Tagen Kopf und neugebildetes Hinterende entfernt. Am 13. Juli zeigte das Tier wieder einen neuen Kopf und einen gegabelten Schwanz. Der Darm wie der After waren in beiden Zweigen funktionsfähig; allein schon am 17. Juli war die Gabel zwei Segmente über der Ansatzstelle abgeschnürt und ein neuer After gebildet. Das Tier lebt noch und ist inzwischen wieder mit Erfolg operiert worden.

Auch bei *Tubifex* zeigten sich mehrfach jüngere Stadien abnormer Doppelbildung. An dieser Stelle sei nur auf ein Exemplar hingewiesen, das drei deutlich ausgebildete Schwanzenden besass. Es ist schon früher kurz beschrieben worden. (E. Korschelt: *Regeneration und Transplantation*. Jena 1907, S. 133). Damals hatte das ursprüngliche Regenerat seine weitere Ausbildung eingestellt und die beiden Nebenregenerate waren zu weit längeren, segmentreichen Schwanz-

enden geworden. Allein die weitere Beobachtung ergab, dass nach  $1\frac{1}{2}$  Monaten das primäre Regenerat die beiden sekundären nicht nur in Grösse und Segmentzahl einholte, sondern sie sogar übertraf. Nach  $1\frac{1}{2}$  Monaten zeigte das primäre Regenerat ungefähr die doppelte Anzahl von Segmenten wie die beiden sekundären. Der Darm war in allen drei Regeneraten gut entwickelt, das mittlere Regenerat zeigte einen funktionierenden Enddarm und After, während er in den beiden andern fehlte. Der Darminhalt musste also wohl zurück in den Hauptdarm treten. Der Wurm bot mit seinen drei langen Schwänzen ein höchst eigenartiges Aussehen und wurde schliesslich am 21. Juni in völlig lebensfrischem Zustand konserviert.

---

Weiter berichtet Herr E. Korschelt:

### **Ueber Regenerationsversuche an Land- und Süsswasserschnecken.**

Die Versuche wurden von Herrn Georg Tschow ausgeführt und vor allen Dingen aus dem Grund unternommen, um die Regenerationsfähigkeit der Schale festzustellen; allerdings wurden auch Regenerationsversuche am Weichkörper angestellt; jedoch soll hier nur auf die ersteren eingegangen werden.

Da zu vermuten war, dass die Regenerationsfähigkeit der Schale an ihrem freien Rand am grössten ist, so wurden die Versuche damit begonnen, anfangs kleinere, später Stücke von grösserem Umfang aus dem Mündungsrand an der Schale verschiedener Heliciden herauszuberechnen. Die Verletzungen wurden immer umfangreicher hergestellt und erstreckten sich vom Mündungsrand weit über die letzte Schalenwindung, sich nach oben hin allmählich verschmälernd. Die Ergänzung dieser Verluste geschah vom Mantel aus, soweit die Bildung

der äusseren Conchyolinmembran in Frage kommt, während die Ablagerung der Kalksubstanz über die ganze Wundfläche gleichzeitig erfolgte. Die Reparation solcher, auch ziemlich umfangreicher Schalendefekte kann sich schon in wenigen Wochen vollziehen.

Weiterhin wurden im Bereich der unteren (grössten und jüngsten) Windung annähernd viereckige Schalenstücke bis zu 1 qcm. herausgemiselt. Diese zeigten sich bereits nach 8—14 Tagen von einer neuen Kalkschicht überzogen, welche den Defekt gänzlich ausfüllte und der verletzten Stelle den nötigen Schutz wie die echte Schale gewährte. Aehnlich verhielten sich entsprechend kleinere Stücke an den oberen (kleineren und älteren) Windungen.

Durch diese Versuche ermutigt, entfernte Herr T e c h o w bei ausgewachsenen Weinbergsschnecken die Schale im grösseren Umfang vom Spindelpol ausgehend nach den unteren Windungen zu und zwar so, dass zuerst etwa anderthalb Windungen weggenommen wurden. Sowohl in diesem Fall, wie auch dann, wenn die Schalenwegnahme in weiterer Ausdehnung erfolgte, bildete sich in ziemlich kurzer Zeit (1—2 Wochen) eine neue Kalkdecke über den entblössten Teilen. Dies geschah auch dann, wenn die Schale so weit entfernt wurde, dass von dem jüngsten Umgang an der Schalenmündung ein Schalenstreifen von nur einigen cm Breite stehen blieb. Derartige Schnecken mit entblösstem Eingeweidesack und darüber neu gebildeter Kalkdecke bieten einen recht eigenartigen Anblick. Um das genauere festzustellen, werden diese Schnecken noch weiter gehalten. Zunächst sei nur erwähnt, dass der über jenen umfangreichen Defekten neu gebildeten Kalkdecke die oberflächliche Conchyolinmembran fehlt.

Die Versuche, bei denen die gesamte Schale entfernt wurde, erwiesen sich bis jetzt als erfolglos; sie sind allerdings erst in recht geringem Umfang vorgenommen worden; wenn bei diesen Versuchen eine Neubildung der Schale nicht eintrat und die Tiere zu Grunde gingen, so lässt sich daraus

noch nicht schliessen, dass für die Neubildung der Schale das Vorhandensein eines Theils der alten Schale nötig ist, obwohl die bisherigen Versuche dies zeigten.

Einer Anzahl von Exemplaren der Weinbergsschnecke wurde die Schale in der Weise zertümmert, dass sie nur noch aus zahlreichen Bruchstücken bestand; es sollten dadurch Bedingungen hergestellt werden, wie sie durch Verletzungen im Freien etwa beim Zertreten einer Schnecke hergestellt werden. Es findet bei diesen Versuchen ein teilweises Abstossen, aber auch ein Verkitten der Bruchstücke durch neu ausgeschiedene Kalksubstanz und somit an der zertrümmerten Schale eine weitgehende Reparatur statt, die schon nach einer Woche ausgeführt war.

Im Zusammenhang mit diesen letzteren Versuchen werden am besten auch die über Transplantation erwähnt, da es sich auch bei ihnen um eine Verkittung von Schalenstücken mit der übrigen Schale handelt. Es wurden bei verschiedenen *Helix*-Arten annähernd viereckige Schalenstücke von 5—8 qmm Grösse herausgemeisselt und in eine entsprechend grosse Lücke der Schale derselben oder einer anderen Species eingefügt (homoplastische und heteroplastische Transplantation), wobei sie durch Befestigung mit Paraffin und Papierstreifen in ihrer Lage erhalten wurden. Schon in 8—14 Tagen erwiesen sich diese Stücke als fest mit der Schale verbunden und blieben bis jetzt anderthalb Monat unverändert in ihrer Lage.

Die bisherigen Angaben bezogen sich nur auf Heliciden verschiedener Gattungen und Arten, doch wurde von Landschnecken noch *Succinea putris* untersucht. Die Anordnung der an ihr vorgenommenen Versuche war eine ganz ähnliche, wie sie oben von den Heliciden geschildert wurde und auch die Ergebnisse waren im Ganzen entsprechende, nur dass sich *Succinea* weniger widerstandsfähiger erwies, was freilich wohl damit zusammenhängt, dass die Bernsteinschnecke weniger leicht zu halten ist.

Die an Basommatophoren (*Limnaeus stagnalis* und *Planorbis corneus*) vorgenommenen Versuche zeigten hinsichtlich der vom Schalenrand ausgehenden, unter Umständen recht beträchtlichen Verletzungen einen Schalenersatz in der für *Helix* geschilderten Weise. Ebenso gelang es beim Herausschneiden von Stücken aus den älteren Schalenwindungen die Bildung einer neuen Deckschicht zu beobachten; allerdings nahm diese Neubildung eine etwas längere Zeit in Anspruch und verlief beim Herausmeisseln von etwa 2—3 qmm grossen Stücken erst in einem Zeitraum von vier bis fünf Wochen.

In entsprechender Weise wurden Versuche an *Paludina vivipara* angestellt, deren Ergebnisse im Ganzen mit den an den Basommatophoren gewonnenen Resultaten übereinstimmten, d. h. die vom Schalenrand und aus den Windungen entnommenen Stücke bedurften für ihren Ersatz ebenfalls etwas längere Zeit. Die Versuche, abgeschnittene Teile des Operculums zur Regeneration zu bringen, erwiesen sich bisher als erfolglos.

Ueber die hier erwähnten Versuche und ihre Fortführung, wie auch über die auf die Schalenneubildung bezüglichen histologischen Befunde wird später eingehend berichtet werden.

---

In der ordentlichen Sitzung vom 10. Juli wurde zum ausserordentlichen Mitgliede gewählt: Herr Dr. Wilhelm Krauss, Privatdocent der Augenheilkunde.

---

Aufgelegte Schriften:

Albany.	New York state museum. 57 <sup>th</sup> Annual report 1903. 57. Bd., I ½ II geb. 1905
Boston.	The American naturalist. No. 484/5. 1907
Bremen.	Naturw. Verein. Abhandlungen, XIX., 1 <sup>o</sup> . 1907
Cambridge.	Museum of comparative Zoology. 50. Bd., No. 9 u. 51. Bd., No. 1. 1907
Emden.	Naturforsch. Gesellschaft. 90. Jahresbericht 1904/5. 1906

Frankfurt a. M.	Senckenberg'sche Naturf. Gesellschaft. Abhandlungen, 29. Bd., No. 2, in 4°.	1907
Görlitz.	Naturf. Gesellschaft. Abhandlungen, 25. Bd., No. 2.	1907
Halifax.	Nova-Scotian Institute of science. Proceedings. XI., 2 (1903/4).	
Halle a. S. Heidelberg.	Leopoldina. 43. Heft, No. 5. Naturh.-mediz. Verein. Abhandlungen, N. F. VIII., 3/4.	1907
Mexico.	Instituto geologico. Boletin No. 24, in 4°.	1906
Milwaukee.	Wisconsin naturalhistory society. Bulletin V., No. 2. New series.	1907
New York.	Public library. Bulletin XI., No. 5.	1907
Philadelphia.	Amer. philosophical Society. Proceedings. 45. Bd., No. 184.	1906
Roma.	Accademia dei Lincei. Atti 1907. XVI., 8 <sup>o</sup> /9. 1 Sen.	1907
St. Petersburg.	Academie imp. des sciences. Bulletin, VI., Ser. 1907, No. 8/9.	1907
Washington.	Smithsonian institution. I. Annual report. 1905 u. 1906, geb. II. Miscellaneous Collections. III. Bd., 3°.	1906 1907
Tokyo.	Am. Academy of arts and sciences. Proceedings. 42. Bd., No. 20/25, Zoological society. Annotationes. VI. Bd., 2 <sup>o</sup> .	1907
—		
Basel.	Naturf. Gesellschaft. Verhandlungen, XIX, 1 <sup>o</sup> .	1907
Bonn.	Naturh. Verein d. Rheinlande. a) Sitzungsberichte 1906. 2. Hälfte. b) Verhandlungen 1906. 2. Hälfte.	1907 1907
Erlangen.	Phys.-med. Sozietät. Sitzungsberichte, 38. Bd., 1906.	1907
Iglo.	Ung. Karpathen-Verein. Jahrbuch, 34. Jahrg., 1907.	1907
Halle a. S.	a) Leopoldina, 43. Heft, No. 6. b) Naturw. Verein. Zeitschrift f. Naturwiss., 79. Bd., 1/2 Heft. Leipzig	1907 1907
Linz a. D.	Verein f. Naturkde. 36. Jahresbericht.	1907
Riga.	Naturforscherverein. Correspondenzblatt, 49. Bd.	1906
St. Gallen.	Naturf. Gesellschaft. Verhandlungen, 89. Jahresvers. 1906.	Aarau
Tokyo.	Mediz. Fakultät der Univ. Mitteilungen, VII., 2 <sup>o</sup> .	1907
Wien.	Geolog. Reichsanstalt. Verhandlungen 1907, No. 4/6.	1907

Roma.	Accad. dei Lincei. Atti Ser. V, Bd. XVI, 10. <sup>o</sup> /11. Heft.	1907
St. Petersburg.	Acad. imp. des sciences. Bulletin, VI. Ser., 1907, No. 10/11.	1907
Upsala.	Vetenskapsakademien i. Stockholm. Arkiv für Matematik etc., III, 2. Heft.	1907
Buenos-Ayres.	Museo nacional. Anales, III. Ser., VI. u. VIII. Bd.	1906
Boston. Montana.	The American Naturalist, 41. Bd., No. 486. University. Presidents report 1905/6.	1907 Dec. 1906
New-York.	Public library. Bulletin, XI, No. 6,	1907
Philadelphia.	Acad. of nat. sciences. Proceedings, 58. Bd., III.	1907
Washington.	Un. St. geological Survey. a) Bulletin, No. 279, 286, 297, 303, 305, 306, 307, 310. b) Water-Supply paper, No. 182, 183, 187 bis 189. c) Mineral resources, 1905, geb. d) Monographs, 50. Bd., 4 <sup>o</sup> , geb.	1906/7 1906/7 1906 1906
Washington.	Smithsonian institution. a) Bulletin, 30 (American indians), geb. b) Remarks on the type of the fossil Pyg- maeus, kl. fol.	1907 1907
American Acad. of arts,	42. Bd., Nr. 26.	1907
Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College, Bd. 51, No. 2 u. 3.		1907

---

Abhandlungen der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft. Bd. 30, Heft 1 u. 2.	Frankf. a. M.	1906
Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietät in Erlangen. 37. Band, 1905.	Erlangen	1906
57. Bericht der Lese- und Redehalle der deutschen Studenten in Prag. 1905.	Prag	1906
Sitzungsberichte des deutschen naturw.-mediz.Vereins f. Böhmen „Lotos“. Neue Folge, 25. Bd., 1905.	Prag	1905
Archives du Musée Teyler. Ser. II, Vol. X, 2 <sup>e</sup> Partie.	Haarlem	1906
Atti della R. Accademia dei Lincei. Ser. V. Rendiconti. Vol. XV, Fasc. 9, 10, 11.		
Rendiconti dell'Accademia delli Scienze Fisiche e Matematiche. Ser. 3 <sup>a</sup> . Vol. XII, Fasc. 1—2, 3, 4.	Napoli	1906
Atti della Società Toscana di Scienze Naturali Processi verbali. Vol. XV. No. 2, 3, 4.		
Archives de l'Institut Royal de bactériologie Camara Prestana. Tome I, Fasc. 1.	Lisbone	1906
U. S. Geological Survey Professional Paper. No. 44, No. 48. Part. I, II, III.	Washington	1906
" " " Water-Supply and Irrigation Paper. No. 154, 167,	Washington	1906

- Smithsonian Institution, Annual Report 1904 of the U. S. National  
Museum. Washington 1906  
Smithsonian Institution Hodkins Fund Contributions to Knowledge, Par.  
of vol. XXXIV (No. 1651). Washington-City 1905  
Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia,  
Vol. LVII, Part. III, 1905. Philadelphia 1906  
University of Montana Bull. No. 30, Biological Series No 10.  
Missoula, Montana 1906  
Wisconsin Natural History Society. Bulletin, Vol. 4, No. 1. u. 2.  
Milwaukee 1906  
The Amerikan Naturalist. Vol. XL, No. 474. Boston 1906  
Bulletin of the New York Public Library. Vol. X, No. 6. New York 1906
- 

- Ebler, der Arsengehalt der „Maxquelle“ in Bad Dürkheim a. d. Haardt.  
Heidelberg 1907  
Mitteilungen der Gesellschaft Pollichia zu Nr. 22, 43 Jahrgang 1906.  
Bad Dürkheim 1907  
Hermann Zwick, Grundlagen einer Stabilitätstheorie für passive  
Flugapparate (Gleisflieger) und für Drachenflieger; die Haupt-  
bedingungen der Stabilität. Bad Dürkheim 1907 4°  
Mitteilungen aus dem Naturwissenschaftlichen Verein für Neuvorpommern  
und Rügen in Greifswald 38. Jahrgang 1906. Berlin 1907  
Jahresbericht der Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Dresden.  
Sitzungsperiode 1905—1906. München 1907  
Notizblatt des Vereins für Erdkunde und der geologischen Landes-  
anstalt zu Darmstadt. 4. Folge, 27. Heft, 1906.  
K. Th. Stöpel. Eine Reise in das Innere der Insel Formosa und die  
erste Besteigung des Niitakayama (Mount Morrison)  
Buenos Aires 1905  
58. Bericht der Lese- und Redehalle der deutschen Studenten in  
Prag 1906. Prag 1907  
Institut grand-ducal de Luxembourg. Section des Sciences naturelles,  
physiques et mathématiques. Archives trimestrielles fascicules III et IV.  
Juillet—Decembre 1906. Luxembourg 1906  
Atti della Reale Accademia dei Lincei 1907.  
a) Rendiconto dell' adunanza solenne del 2 giugno 1907 onorata  
dalla presenza die Sua Maestà il Re vol. II. Roma 1907  
b) Rendiconti. Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.  
Sedota del 16 giugno 1907. Fol. 16. fasc. 12. 1. Semester.  
Roma 1907
-

# Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der  
gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

---

---

Nr. 8

November

1907

---

---

In der ausserordentlichen Sitzung vom 31. Juli sprach Herr F. A. Schulze über:

## Auslösung Wehnelt'scher Kathodenstrahlen durch elektrische Wellen.

Nach Versuchen von Herrn K. Goes.

In einer früheren Mitteilung<sup>1)</sup> (vom Dezember vorigen Jahres) wurde über eine eigentümliche auslösende bzw. hemmende Wirkung elektrischer Potentialschwankungen auf die Aussendung der von Wehnelt<sup>2)</sup> entdeckten sehr langsamen von glühenden Oxyden ausgehenden Kathodenstrahlen berichtet. Es sei gestattet, kurz das Wesentliche der Erscheinung noch einmal anzuführen.

Bei gegebener Spannung der Kathode treten die Wehnelt'schen Kathodenstrahlen spontan bei einer bestimmten Minimaltemperatur  $T_1$  der Kathode auf. Die so spontan entstandenen Strahlen bleiben dann aber bestehen, wenn nun

---

1) F. A. Schulze und R. Stuchtey, Marb. Sitz.-Ber. 1906. p. 178—184.

2) A. Wehnelt, Ann. d. Phys. 14. p. 425. 1904.

die Temperatur der Kathode erniedrigt wird und verschwinden erst bei einer zweiten Grenztemperatur  $T_2$ . Dieses Verhalten erinnert an die Unterschiede zwischen Anfangspotential und Minimumpotential bei der Spitzenentladung.

Die Erscheinung besteht nun darin, dass bei derselben gegebenen Kathodenspannung die Aussendung der Kathodenstrahlen bereits unterhalb der Minimaltemperatur  $T_1$  einsetzt, sobald in der Nähe ein, etwa von einer kleinen Elektrisiermaschine erzeugter Funke überschlägt, falls dabei der negative Pol der Funkenstrecke der Wehneltöhre näher liegt als der positive. Diesem „auslösenden“ Effekt steht andererseits ein „hemmender“ Effekt gegenüber. Er besteht darin, dass die erregten Kathodenstrahlen schon bei einer Temperatur der Kathode, die oberhalb der Grenztemperatur  $T_2$  liegt, zum Verschwinden gebracht werden, wenn in der Nähe ein Funke überschlägt, falls jetzt der positive Pol der Funkenstrecke der Wehneltöhre näher liegt als der negative.

Selbst bei mässig starken Funken war der Effekt noch gut zu erhalten bei einem Abstand von etwa 7 m zwischen Röhre und Funken, und zweifellos war hier die Grenzweite der Wirkung noch lange nicht erreicht.

Da die Auslösung in der gleichen Weise gelang, wenn eine negative Ladung schnell von der Röhre weggeführt bzw. eine positive Ladung zu ihr hinbewegt wurde, die Hemmung dagegen in den beiden entgegengesetzten Fällen, so scheint die Erklärung darin zu liegen, dass an der Stelle der Röhre eine Potentialschwankung, ein Potentialstoss eintritt, und zwar bei der Auslösung der Kathodenstrahlen derartig, dass das negative Potential der Kathode kurze Zeit erhöht, bei der Hemmung der Kathodenstrahlen gemindert wird.

Bei Einschliessung der Röhre in einen Faradayschen Käfig blieb jede Wirkung aus.

(Die näheren Einzelheiten siehe in der zitierten Abhandlung.)

Es soll nun kurz über einige weitere Versuche berichtet werden, die Herr K. G o e s im hiesigen Institut angestellt hat.

Es wurde zunächst an Stelle des wenig definierten Funkens einer Elektrisiermaschine der Funke eines bestimmten elektrischen Schwingungskreises genommen, dessen Schwingungsdauer durch Veränderung der Selbstinduktion verändert werden konnte, und zwar das von Erneke gelieferte Instrumentarium zur Demonstration der Seibt'schen Versuche.

Es war hierfür der Gedanke massgebend, ob vielleicht die in den elektrischen Wellen auftretenden Potentialschwankungen denselben Effekt ausüben würden, sodass in dieser Erscheinung eine Art Wellendetektor gegeben sein und man die in der drahtlosen Telegraphie gebräuchlichen Methoden zur Verstärkung der Fernwirkung, namentlich die Resonanz, verwenden könnte.

War nun zunächst die Röhre selbst in der gewöhnlichen Weise geschaltet, so zeigte sich hierbei die auffallende Erscheinung, dass die Röhre am besten, auf die weiteste Entfernung, bei einer ganz bestimmten Schwingungsfrequenz ansprach. Wurde der Kontaktbügel, der auf der veränderlichen Selbstinduktion verschiebbar war, nur wenig nach rechts oder links verschoben, entsprechend einer kleinen Verringerung oder Vergrösserung der Schwingsdauer, so blieb der Effekt aus. Die hierbei benutzte Röhre war die a. a. O. beschriebene für die speziellen Zwecke des Herrn K. Bangert<sup>1)</sup> gebaute Wehneltsche Röhre.

Die Grösse dieser kritischen Schwingungsdauer ist noch festzustellen; ferner soll untersucht werden, ob diese stets denselben Wert hat, oder für verschieden gebaute Röhren verschieden ist.

Es wurde nun weiter untersucht, ob bei diesem Effekt eine Abstimmung auf Resonanz zu erhalten ist. Soweit die bisherigen Versuche ergeben haben, scheint dies in der Tat bis zu einem gewissen Grade möglich zu sein.

---

1) K. Bangert, Marburger Inaug.-Diss. 1906.

Die beste Wirkung ergab folgende Anordnung: An einem Pol der Funkenstrecke des Senders wurde die Seibtsche Spirale angeschlossen, und die variable Selbstinduktion so reguliert, dass die Spirale in ihrem Grundton mit der Schwingung des Systems übereinstimmte. Eine zweite Seibtsche Spirale wurde in die Nähe der Wehnelttröhre gebracht, und die Mitte der Spule durch einen Draht mit einem nahe der Röhre stehenden Konduktor oder auch der zur Demonstration der elektrostatischen Ablenkung dienenden Gegenplatte im Innern der Röhre verbunden. Ein Ende der Spule war geerdet. In den meisten, wenn auch bisher noch nicht in allen Fällen, zeigte sich tatsächlich die auslösende Wirkung am besten und auf die weiteste Entfernung, wenn die beiden Spiralen auf einander abgestimmt waren, also eine Verstärkung der Wirkung durch Resonanz.

Wenn auch die Versuche noch nicht zu einem vollen Abschluss gelangt sind und noch einiger Durcharbeitung bedürfen, so wurde doch über die bisher gewonnene Resultate berichtet, da die Versuche aus äusseren Gründen eine Unterbrechung erfahren.

Während hier die beschriebene auslösende bzw. hemmende Wirkung zum Nachweis von Potentialschwankungen in elektrischen Wellen benützt ist, hat auch bereits A. Wehnelt<sup>1)</sup> selbst die von ihm angegebenen Röhren zum Nachweis elektrischer Wellen durch die von ihm eingehend untersuchte Ventilwirkung benutzt und mit gutem Erfolg die Verstärkung durch Resonanz verwendet. In ähnlicher Weise können, wie Fleming<sup>2)</sup> gezeigt hat, die glühenden Kohlefäden einer Glühlampe zum Nachweis elektrischer Wellen dienen.

---

1) A. Wehnelt, Ann. d. Phys. 19. p. 138. 1906.

2) J. A. Fleming, Proceed. of the Royal Soc. of London, Vol. 74. p. 476. 1905.

---

In der ordentlichen Sitzung vom 13. November sprach Herr Professor F. A. Schulze über:

**Messung sehr hoher Schwingungszahlen mittelst Chladnischer Klangfiguren; Bestimmung der oberen Hörgrenze mit der Galtonpfeife und durch Longitudinalschwingungen von Drähten.**

Wenn auch die Bestimmung sehr hoher Schwingungszahlen in den letzten Jahren durch Einführung neuer Methoden, namentlich der Benutzung Kundtscher Staubfiguren, erhebliche Fortschritte gemacht hat, dürften doch neue Methoden immer willkommen sein.

Bei Gelegenheit einer erneuten Durchprüfung der Töne der Edelmannschen Galtonpfeife, zu der mich Herr C. Stumpf freundlichst anregte, sind einige neue Methoden von mir angewandt worden, über die hier in Kürze berichtet werden soll. Eine ausführliche Beschreibung wird demnächst an anderer Stelle gegeben werden.

Zunächst wurde ein Verfahren näher durchprobiert, das ich <sup>1)</sup> vor einigen Jahren ganz kurz erwähnt hatte. Es besteht darin, dass kleine Platten aus Papier, Glas, Glimmer, Kupfer, die auf einem Kork- oder Messingring befestigt sind, zwischen der Tonquelle und der reflektierenden Tischplatte auf und abgeführt und so die Knoten und Bäuche der sich bildenden stehenden Welle abgesucht werden.

Im Knoten bleibt aufgestreuter Sand in voller Ruhe, in den Bäuchen wird er lebhaft aufgewirbelt.

Es zeigte sich, dass hiermit die Töne der Galtonpfeife bis etwa 30 000 v. d., also weit über die Hörgrenze, gut und sicher bestimmt werden konnten.

---

1) F. A. Schulze, Marburger Sitz. Ber. 1902. p. 66.

Dieselben kreisförmigen am Rand festgeklemmten Platten lassen sich zur Bestimmung sehr hoher Schwingungszahlen benutzen, indem man diejenige Ordnungszahl der Chladnischen Klangfigur ermittelt, die mit dem zu untersuchenden Ton in Resonanz steht, und die zugehörige Schwingungszahl berechnet.

Nach einer von mir angestellten Berechnung sind diese Schwingungszahlen folgende: Der Grundton  $N_0$ , in dem die Platte als ganzes schwingt, ist gegeben durch (für  $\mu = \frac{1}{4}$ )

$$N_0 = 0,463 \frac{D}{R^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \text{ v. d.}$$

wo  $D$  die Dicke,  $R$  der Radius,  $E$  der Elastizitätsmodul,  $\rho$  die Dichte,  $\mu$  die Elastizitätszahl der Substanz ist.

Es sei  $n$  die Zahl der Knotendurchmesser,  $\nu$  die Zahl der Kreisknotenlinien. Die Höhe des Grundtones = 1 gesetzt, gilt dann folgende Tabelle:

$\nu$	$n = 0$	$n = 1$	$n = 2$
0	1	2,07	3,42
1	3,90	5,98	8,68
2	8,70	11,76	—
3	15,50	—	—

Ausser für Platten aus Papier, wo sich der gefundene Ton stets, wohl in Folge von Spannungen, wesentlich höher fand als er der Berechnung nach sein sollte, und eigentümliche stetige Uebergänge der Klangfiguren ineinander auftraten, wie sie auch schon von A. Elsas<sup>1)</sup> gefunden sind, hat Beobachtung und Rechnung sich stets in guter Uebereinstimmung gezeigt. Auch die Radien der Knotenkreise fanden sich genau von der berechneten Grösse. Man kann so, indem man etwa mit tieferen Tönen solche Platten dacht, noch sehr hohe Schwingungszahlen, weit über der oberen Hörgrenze, mit Leichtigkeit bestimmen.

1) A. Elsas, Wied. Ann. 19, p. 474. 1883.

In noch einfacherer Weise kann man die Chladnischen Klangfiguren von Platten mit freiem Rand in folgender Weise verwenden. Legt man ein kreisförmiges Deckgläschen, wie sie für Mikroskope im Handel von 14 mm Durchmesser an aufwärts erhältlich sind, mit feinem Sand bestreut auf ein weitmaschiges Drahtnetz, und hält dieses über die Tonquelle, etwa die Galtonpfeife, so entstehen die Chladnischen Klangfiguren mit überraschender Leichtigkeit und Schärfe, sobald Unisono mit einem der Eigentöne des Deckgläschens besteht. Die Tabelle der Schwingungszahlen findet sich in Kirchhoffs Ges. Abhandlungen. Es gilt die Tabelle, der tiefste Ton (mit zwei Knotendurchmessern)

wieder = 1 gesetzt, für  $\mu = \frac{1}{4}$ :

$\nu$	$n = 0$	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$
0			1,0000	2,3124	4,0485	6,1982
1	1,6131	3,7032	6,4033	9,6445	13,3937	17,6394
2	6,9559	10,8383	15,3053	20,3249		
3	15,9031					

Der Grundton ist  $N_0 = 0,261 \frac{D}{R^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$  v. d.

Es fanden sich die berechneten und die beobachteten Schwingungszahlen sowohl relativ wie absolut in guter Uebereinstimmung. Es wurden so leicht z. B. an der Edelmannschen Galtonpfeife bei kleinen Maulweiten noch die fünften und sechsten Obertöne bis zu ca. 60 000 v. d. konstatiert. Nachstehend sind einige so erhaltene Figuren in natürlicher Grösse abgebildet.



Natürliche Grösse.

Die Bestimmung der Schwingungszahlen mit Kundtschen Staubfiguren ergab dieselben Resultate wie die eben beschriebenen Methoden.

Schliesslich wurden die hohen Töne der Edelmannschen Galtonpfeife auch noch durch Beugungsversuche bestimmt. Es wurde dazu die Pfeife in etwa 20—25 cm Abstand unter das Beugungsgitter gestellt, das aus 4—5 Kartonsstreifen von 10 bez. 15 mm Breite in eben solchem Abstand bestand. Der Raum oberhalb des Gitters wurde dann mit einer der genannten auf Kork- oder Messingringe geklebten Glimmerplatten abgesucht. Es war dabei von Tönen über ca. 12 000 v. d. an deutlich der abgebeugte Schallstrahl zu konstatieren.

Die Berechnung lieferte befriedigende Uebereinstimmung mit den Bestimmungen, die nach anderen Methoden gemacht wurden. Es sind so auch Bestimmungen von über der Hörgrenze liegenden Schwingungszahlen, bis zu ca. 23 000 v. d. gemacht worden.

---

#### Obere Hörgrenze.

Bei allen diesen Versuchen, bei welchen die Pfeife stets mit konstantem Winddruck durch ein Wasserstrahlgebläse angeblasen wurde, ergab sich für mich, in guter Uebereinstimmung mit früher von mir und anderen an den verschiedensten Tonquellen gemachten Bestimmungen die obere Hörgrenze zu rund 20 000 v. d.

Nun hat M. Th. Edelmann selbst angegeben, dass die von ihm gebauten Galtonpfeifen nicht nur Schwingungen bis zu etwa 50 000 v. d. liefern, sondern dass diese hohen Töne auch noch gut gehört werden, dass also die obere Hörgrenze wesentlich höher liegt als bisher angenommen wurde. Dabei muss aber nach seiner Vorschrift die Pfeife mit dem Gummiball angeblasen werden. Schon C. Stumpf und A. Wachsmuth

haben diese Art des Anblasens als zu unsicher verworfen. Myers hat dann 1902 eine eingehende Untersuchung der Galtonpfeife bis herab zu 1,3 mm Pfeifenlänge angestellt bei verschiedenen Anblasestärken. Dabei findet er, dass Töne über 20 000 v. d. (höchstens bis 26 000) unhörbar sind.

Ich habe die Galtonpfeife nochmals auf ihre Schwingungen hin untersucht und zwar bis zu den kleinsten Pfeifenlängen hinunter (0,2).

Es ergab sich im wesentlichen folgendes:

Die von Edelmann auf den Aichscheinen angegebenen, nach der Methode der Kundtschen Staubfiguren bestimmten Schwingungszahlen sind vorhanden und richtig, treten aber nur bei starkem Anblasen auf und sind nur bis 20 000 v. d. (circa) hörbar, darüber hinaus aber unhörbar. Es treten aber bei der von ihm angegebenen Maulweite bei schwachem Anblasewind bei sehr kleinen Pfeifenlängen wesentlich tiefere Töne auf; diese liegen weit unter der oberen Hörgrenze, und diese sind es, die man bei Anblasen mit dem Gummiball wirklich hört. Bei einem Exemplar war diese Schwingungszahl bei der angegebenen Maulweite unabhängig von der Pfeifenlänge ca. 11 300 v. d.

Interessant ist, dass dieser Ton, trotzdem er unabhängig in seiner Höhe von der Pfeifenlänge ist, von verschiedenen Personen bis zu verschiedenen Pfeifenlängen herunter gehört wird, wie dies den Ohrenärzten schon länger bekannt ist. Ich höre ihn z. B. an dem betr. Exemplar bis zu 0,2 mm, andere bis 0,15, andere bis 0,6 mm Pfeifenlänge. Wahrscheinlich wird seine Intensität mit abnehmender Pfeifenlänge immer geringer, und da die Reizschwelle für verschiedene Personen verschieden hoch sein wird, so wird er für sie bei verschiedenen Pfeifenlängen verschwinden.

Danach müssten alle Bestimmungen der oberen Hörgrenze, die nach dem Aichschein bei Anblasen mit dem Gummiball gemacht sind, revidiert werden. Zur exakten Bestimmung

der oberen Hörgrenze ist gleichmässig starker Anblasewind notwendig.

Zu fast derselben oberen Hörgrenze, zu der ich mit der Edelmanschen Galtonpfeife, wie schon vor mehreren Jahren,<sup>1)</sup> so auch diesmal gelangte, nämlich etwa 18 000 v. d., bin ich durch Versuche an einer ganz anderen Tonquelle gekommen, nämlich an den Longitudinalschwingungen von Drähten. Es kamen Stahldrähte von 0,39 mm Durchmesser und Messingdrähte von 0,26 mm Durchmesser zur Verwendung, die in das Webersche Monochord in einer Länge von 1200 mm unter Spannung durch 2—3 Pfund eingespannt wurden. Durch sanftes Anreiben mit einem mit Kolophonium bestrichenem Lederlappen, oder mit Daumen und Zeigefinger, die mit Kolophonium versehen waren, wurde der Longitudinalgrundton hervorgebracht und durch Vergleichen mit einem Sonometer gemessen.

Er betrug bei Stahl 2080 v. d., bei Messing 1408 v. d. Mit einer Flachzange wurde dann eine Stelle des Drahtes festgehalten, und das übrig bleibende Drahtstück wieder zum Tönen gebracht. Das Drahtstück wurde successive so weit verkürzt, bis die Hörgrenze erreicht war, d. h. bei weiterer Verkürzung keine hörbaren Töne mehr auftraten. Dies geschah für mein Ohr bei 14,0 cm bei Stahl, dagegen bei 9,2 cm bei Messing. Die entsprechenden Schwingungszahlen sind dann  $2080 \cdot \frac{1200}{140} = 17800$  v. d. bez.  $\frac{1528 \cdot 1200}{92} = 18360$  v. d.

Dieses ist also für mein Ohr die obere Hörgrenze. Es sind Zahlen, die durchaus mit fast allen sonstigen Bestimmungen gut übereinstimmen. Dass auch bei noch mehrere Centimeter kürzere Drahtlängen noch wirklich hohe Schwingungen vorhanden waren, wurde durch lebhafte Einwirkung auf die empfindliche Flamme konstatiert, wobei noch besonders festgestellt wurde, dass die Erregung der Flamme nicht,

---

1) F. A. Schulze, Wied. Ann. 68, p. 809. 1899.

oder wenigst lange nicht in demselben Mass wie durch den Ton, durch das blosse Schabegeräusch hervorgebracht wurde.

Das Anreiben brauchte nur mit geringer Intensität zu geschehen, so dass Nebengeräusche, die sonst bei der Bestimmung der oberen Hörgrenze oft stören, kaum vorhanden waren.

Besonders hervorgehoben sei, dass die Intensität der Töne hier verhältnismässig gering ist, gegenüber den sehr intensiven Tönen der Galtonpfeife. Da trotzdem bei beiden Tonquellen sich fast dieselbe obere Hörgrenze ergibt, so scheint diese unabhängig von der Intensität zu sein (siehe dazu einen demnächst in der neu gegründeten Zeitschrift: „Beiträge zur Anatomie, Physiologie, Pathologie und Therapie des Ohres, der Nase und des Kehlkopfes, herausgegeben von A. Passow und Karl L. Schäfer; Verlag von S. Karger, Berlin“, erscheinenden Aufsatz von mir: Ueber die obere Hörgrenze und ihre exakte Bestimmung).

Die oben beschriebene Methode erfordert sehr geringe Hilfsmittel und Zeitaufwand. So viel ich sehe, lassen sich wenig Einwände gegen sie vorbringen. Die Töne sind wahrscheinlich so rein, dass ihre Benutzung sich vielleicht auch für andere physiologische Fragen, etwa die Bestimmung von Unterschiedsempfindlichkeiten bei hohen Tönen, eignen dürfte.

Herrn C. Stumpf bin ich für die Anregung zu der vorliegenden Untersuchung sowie für die freundliche Vermittlung von zwei Galtonpfeifen zu Dank verpflichtet; ebenso Herrn Rohlf für die Ueberlassung seines Wasserstrahlgebläses.

Erwähnen möchte ich noch, dass sich Herr Prof. Richarz sowie mehrere Herren des Physikalischen Instituts von der Richtigkeit der mitgetheilten Versuche mehrfach überzeugt haben, namentlich davon, dass die Galtonpfeife bei starkem Anblasen bei sehr kleiner Pfeifenlänge unhörbare Töne giebt, dass dagegen ein hörbarer Ton auftritt in dem Augenblick in dem Anblasewind abgestellt wird, also kurze Zeit ein schwacher Anblasewind herrscht.

---

In der Sitzung vom 13. November d. J. sprach Herr M. Seddig:

### Ueber Abhängigkeit der Brown'schen Molekularbewegung von der Temperatur.

Ich möchte mir erlauben, heute einige kurze, vorläufige Mitteilungen zu machen über Untersuchungen der Abhängigkeit der Brown'schen Bewegung von der Temperatur.

Unter Brown'scher Bewegung (in letzter Zeit meist Brown'sche Molekular-Bewegung genannt) versteht man die äusserst rasche, zitternde Bewegung von sehr kleinen, mikroskopisch eben noch sichtbaren Teilchen, die in irgend einer Flüssigkeit eingebettet sind. Diese zitternden Bewegungen erfolgen vollkommen spontan und bleiben beliebig lange in gleicher Weise bestehen. Ich besitze z. B. ein Präparat, welches diese Bewegungen seit  $1\frac{1}{2}$  Jahren in unverminderter Deutlichkeit zeigt. Alle genügend feinkörnigen Pulver können hierzu Verwendung finden; für meine weiterhin zu erwähnenden Versuche benutzte ich Zinnoberpulver wegen der Gleichförmigkeit der Teilchengrösse.

Für die Deutung dieser Erscheinung sind viele, aber nicht befriedigende Erklärungsversuche gemacht worden, nachdem festgestellt war, dass äussere Ursachen, wie Erschütterungen, Verdunstung, Belichtung usw. nicht die Ursache sein konnten. Brown selber, der diese Erscheinung bereits 1827 beschrieb, versucht keine besondere Erklärung.

Die plausibelste Erklärung dieser Bewegung gab wohl zuerst Chr. Wiener und S. Exner. Man hat nach der kinetischen Wärmetheorie anzunehmen, dass die Flüssigkeitsmolekeln lebhaft Oscillationen und Vibrationen vollführen; in diese Menge vibrierender Flüssigkeitsmolekeln sind die

äusserst kleinen Teilchen eingebettet und bekommen Anstösse von den ringsherum befindlichen, vibrierenden Flüssigkeitsmolekeln. Stellen wir uns die eingebetteten Teilchen relativ sehr gross gegenüber den Flüssigkeitsmolekeln vor, so ist zu erwarten, dass in gleichen Zeiten praktisch gleichviel Molekeln von der einen wie von der entgegengesetzten Seite gegen das Teilchen prallen; die durch den Anstoss erzeugten Druckkräfte sind dann auf beiden Seiten entgegengesetzt gleich gross; das Teilchen bleibt also in Ruhe. Sind dagegen die eingestreuten Teilchen relativ nur wenig grösser als die Flüssigkeitsmolekeln, dann ist die Zahl der Anpralle eine bedeutend kleinere und damit auch die Wahrscheinlichkeit sehr klein, dass von jeder Seite stets gleich viel Molekeln auf das Teilchen treffen. In diesem Falle wird bald auf der einen, bald auf der anderen Seite eine überwiegende Anzahl von Molekeln entgegenstossen und das Teilchen in Richtung der zahlreicheren Stösse treiben. Solche Ungleichheiten des Anpralles auf entgegengesetzten Seiten gibt es aber in jedem Augenblick in einer anderen Richtung, sodass das Teilchen bei seiner Bewegung einen Zickzack-Kurs beschreibt — ganz ähnlich wie z. B. der Fussball unter den Stössen der beiderseitigen Spieler.

Ist diese hier wiedergegebene Deutung des Vorganges richtig, dann muss die Lebhaftigkeit der Teilchenbewegung eine exakte Temperaturabhängigkeit zeigen. Denn nach der kinetischen Wärmetheorie ist „höhere Temperatur“ der Flüssigkeit nichts anderes als gesteigerte Molekular-Bewegung. Befinden sich also die suspendierten Teilchen in einer Flüssigkeit von höherer Temperatur, so erhalten sie lebhaftere Impulse von Seiten der Flüssigkeitsmolekeln und ihre Bahngeschwindigkeit wird eine entsprechend grössere.

Eine exakte theoretische Behandlung dieser Verhältnisse gab zuerst Einstein in einer 1905 erschienenen Arbeit (Ann. d. Phys. IV, 17 pag. 549—560 · 1905). Er fand, dass, bei im

Uebrigen konstant gehaltenen Verhältnissen, die Entfernung zwischen Anfangs- und Endlage der Teilchen proportional ist

$$\sqrt{\frac{T}{k}}$$

worin  $T$  die absolute Temperatur und  $k$  den Reibungskoeffizienten der Flüssigkeit bedeutet.

Auf Veranlassung von Herrn Prof. Richarz unternahm ich es schon Anfang 1904 die Temperaturabhängigkeit der Brown'schen Bewegung eingehend zu untersuchen, und zwar womöglich nach einer objektiven Methode, wobei nur eine photographische in Frage kommen konnte.

Anregung zu diesem Thema gaben Ende 1903 die Beobachtungen in dem damals neuen Ultramikroskop, welches in einer Sitzung des Giessen-Marburger-Kolloquiums durch Herrn Dr. phil. Karl Siebert im v. Behringschen Privatlaboratorium hierselbst vorgeführt wurde; besonders die Demonstrationen kolloidaler Silber- und Goldlösungen, in welchen die Teilchen lebhafteste, vibrierende Bewegungen vollführen, gaben Anlass zu obiger Thema-Stellung.

Der Abschluss dieser Versuche zog sich leider hinaus; einmal aus Mangel an Zeit, infolge der überaus schwierigen Arbeitsverhältnisse im physikalischen Institut; und dann vor allen Dingen aus Mangel an den erforderlichen Apparaten, wie z. B. brauchbarer Mikroskope, Immersionssysteme, Thermostaten etc. Die Beschaffung dieser kostspieligen Apparate aus Institutsmitteln war bei der ständigen Ueberlastung des Institutsfonds ganz unmöglich. Deshalb bin ich den Herren Direktoren des botanischen bezw. physiologischen Instituts Prof. Dr. Arthur Meyer und Prof. Dr. F. Schenck zu besonderem Danke verpflichtet, dass sie mir ihre wertvollen Instrumente in entgegenkommendster Weise zur Verfügung stellten.

Versucht wurde zunächst, die leuchtenden Bahnen, die diese Teilchen im Ultramikroskop während einer bestimmten

Zeit beschreiben, auf feststehender fotogr. Platte zu photographieren, und dies Verfahren für jedes Präparat bei verschiedenen, bestimmten Temperaturen zu wiederholen. Die bei den einzelnen Temperaturen und in gleichen Zeiten erhaltenen Abstände zwischen Anfangs- und Endpunkt der

Bahn müssen sich dann verhalten wie  $\sqrt{\frac{T}{k}}$ . Diese sehr nahe-

liegende Methode war wegen der Lichtschwäche der Bildchen im Siedentopf-Zsigmondy'schen Ultramikroskop nicht ausführbar.

Eine danach versuchte kinematographische Methode gab schon einige Resultate, die mit einem Präcisionskinematographen wohl auch eine genügende Genauigkeit gezeigt hätten.

Nach verschiedenen weiteren Methoden führte endlich wieder eine ultramikroskopische zum Ziel. Benutzt wurde ein Ultramikroskop von prinzipiell ähnlicher Konstruktion, wie sie das neulich von mir hier (a. o. Sitzung vom 30. Juli) demonstrierte Mikroskop besass. Prinzipiell war die Methode folgende: In das (vertikal stehende) Ultramikroskop, welches mit einem mikrographischen Apparat in Verbindung steht, werden durch eine automatische Verschlussvorrichtung für jede Aufnahme zwei Lichtblitze (von einer Bogenlampe her) hineingeworfen. Die beiden Lichtblitze haben jedesmal ein Intervall von 0,1 Sekunde. Von jedem beweglichen Teilchen zeigt die Platte dann zwei Abbildungen, die um eine kleine Strecke (die der Lageänderung des Teilchens während dieser Zeit entspricht) von einander entfernt sind.

Diese Aufnahmen wurden für ein und dieselbe Suspension bei den verschiedensten Temperaturen wiederholt und dabei dann jedesmal die den betreffenden Temperaturen zukommenden Grössen der Lageänderung erhalten. Die Temperaturmessung der im Gesichtsfelde befindlichen Suspension geschah mit sehr dünnem Thermoelemente; die Heizung des Präparates auf die relativ hohen Temperaturen (bis ca. 100°)

mittels elektrisch erhitzten Pt-Drahtes der in dem besonders konstruierten Objektträger untergebracht war.

Die vorläufige Ausmessung dieser Punktentfernungen bei den verschiedenen Präparat-Temperaturen ergab Mittelwerte, die bis auf 4—6 % den nach Einstein theoretisch zu verlangenden nahe kommen.

Und zwar sind die experimentell erhaltenen Werte meist etwas grösser als die theoretischen. Aber diese Abweichung lässt sich wohl ganz plausibel deuten; trotzdem die Aufnahmen als rasche Momentaufnahmen geschehen, kommt bei der benutzten sehr intensiven Lichtquelle dennoch ein erheblicher Energiebetrag an den suspendierten Teilchen zur Absorption und wird von diesen sofort an die nächstbenachbarten Flüssigkeitsschichten weitergegeben; das Teilchen befindet sich somit eingehüllt in eine höher temperierte Flüssigkeitsschicht und vollführt raschere Bewegungen, als es die am Thermoelement abgelesene Durchschnittstemperatur der übrigen Flüssigkeit erwarten lässt.

Es wurden aber auch zahlreiche Platten erhalten, bei denen die gemessenen Werte kleiner als die theoretischen waren; aber ich habe die Vermutung, dass dieses irgend welche fremden Ursachen hat, dass geringe Spuren fremder Substanzen trotz aller Vorsicht in die Suspension gerieten und durch ihre Beimengung störend wirkten; bei einigen ganz abnormen Platten waren nachträglich an der Präparatfläche und unter schiefer und intensiver Beleuchtung Andeutungen von Schillerfarben zu erkennen.

Trotzdem die Mitbenutzung dieser Platten die Resultate bessern würde, sollen sie, wegen des eben geäußerten Verdachtes, doch keine weitere Verwendung finden. Die bestehende bleibende Abweichung zwischen gemessenem und theoretischem Werte ist ja auch von geringerer Wichtigkeit, nachdem man wohl ihre Ursache, wie vorhin ausgeführt ist, angeben kann. Diese Deutung der Abweichung beider Werte ist gerechtfertigt durch folgende Beobachtung: in einer sehr ungleichförmigen

Suspension, in welcher sich also sehr grosse und ganz kleine Partikelchen befinden, bewegen sich diejenigen kleinen Teilchen, die sich in nächster Nähe der grossen Teilchen befinden, ganz bedeutend rascher als andere Teilchen gleicher Grösse, die sich weitab von Benachbarten isoliert befinden.

Eine Verbesserung des Resultates wird vielleicht noch eintreten, wenn erst das gesamte Aufnahme-Material ausgemessen und zur Berechnung herangezogen ist.

Es ist dies jedoch eine ausserordentlich zeitraubende Tätigkeit, denn das Material enthält im Ganzen mehrere Tausend zu messenden Punktpaare.

Experimentelle und sonstige Einzelheiten sind hier nicht erwähnt worden; sie sollen einer demnächst zu gebenden ausführlichen Publikation vorenthalten bleiben.

Vielleicht haben aber noch folgende Angaben Interesse; die Ultra-Mikrophotographischen Momentaufnahmen geschahen bei ca. 1700facher Vergrösserung; zur Ausmessung wurden die erhaltenen Platten nochmals über 20fach vergrössert die zur Messung gelangende Wegstrecke ist also etwa das 34 000fache des von dem Teilchen wirklich zurückgelegten Weges. Wurde z. B. ein Punktabstand von 7 mm gefunden, dann betrug die wirkliche Lageänderung des Teilchens im Präparat ca. 0,0002 mm.

Nachdem jetzt eine relativ bequeme und recht sicher funktionierende Methode für vorliegende Zwecke gefunden ist, sollen weiterhin folgende Punkte genauer untersucht werden: die Einflüsse der Grösse, Masse und Gestalt der Teilchen, der Art der suspendierenden Flüssigkeit (insbesondere von Elektrolyten). Ferner sollen die Versuche bei extrem tiefen Temperaturen angestellt werden; die ganz spezielle Apparatur hierfür ist bereits hergestellt. Es wird somit eine weitgehende experimentelle Nachprüfung möglich sein der von Einstein für Nichtelektrolyte und unter Annahme von kugel-

förmig gestalteten Teilchen theoretisch gefundenen Beziehung:

$$\lambda_x = Vt \cdot \sqrt{\frac{R \cdot T}{N} \cdot \frac{1}{3\pi kP}};$$

( $\lambda_x$  die Verrückung,  $t$  die Zeit, während welcher diese Verrückung zu Stande kam,  $R$  die Gaskonstante,  $T$  die absolute Temperatur,  $P$  der Radius der kugelförmig angenommenen Teilchen und  $N$  die Zahl der im Gramm-Molekül enthaltenen wirklichen Moleküle).

Weiterhin sollen analoge Bewegungserscheinungen, die teilweise bereits seit langem dem Biologen, dem Mineralogen usw. entgegengetreten sind, auf ihre Temperaturabhängigkeit hin untersucht werden. So z. B. die lebhaft beweglichen Gasblasen, „Libellen“, die in manchen Flüssigkeitseinschlüssen der Gesteine auftreten. Ferner die Bewegungen bei Bakterien, die Vibrationen der Teilchen im Inneren der Blutkörperchen u. a. m. Denn es ist von besonderem Interesse zu erfahren, in wie weit diese Bewegungen als Folge der molekularen Wärmebewegung anzusprechen sind, da bei zahlreichen der „biologischen“ Bewegungen ebensogut Konzentrationsunterschiede und ähnliches als Bewegungsursachen auftreten können.

---

Zu dem Vortrage von Herrn Dr. Max Seddig fügte Herr F. Richarz folgende Bemerkung über Molekularbewegung und den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik hinzu.

Zunächst sind die Messungsergebnisse des Herrn M. Seddig als **direkter Beweis** aufzufassen **für die Richtigkeit** der jetzt übrigens fast allgemein angenommenen Anschauung, dass die **Wärmeenergie**, soweit sie sich in Temperaturerhöhung äussert, in der **kinetischen Energie der ungeordneten Molekularbewegung** besteht. Die Brown'sche sogen.

Molekularbewegung ist eine unmittelbare Folge der Wärmebewegung der Molekeln selbst und hat in ihrem Wesen noch grosse Aehnlichkeit mit der letzteren; in der Brown'schen Bewegung können wir wegen der erheblicheren Grösse und geringeren Anzahl der bewegten Teilchen eine — theoretisch betrachtet — bereits weniger ungeordnete Bewegung erblicken als es die wahre Molekularbewegung ist. Hierin liegt kein Widerspruch gegen den zweiten Hauptsatz; denn für die Brown'schen Teilchen gilt auch immer noch wegen ihrer Kleinheit und grossen Zahl die praktische Unmöglichkeit, die Bewegung aller gleichzurichten. Darüber, dass die Ungeordnetheit der Wärmebewegung die wesentliche Ursache für die beschränkte Umwandelbarkeit der Wärme in mechanische Energie bildet, siehe z. B. Helmholtz, Vorlesungen, Band VI, pag. 253—261.

Das zuvor über das Verhältnis von Brown'scher Bewegung und eigentlicher Molekularbewegung, sowie auch andere Schwierigkeiten bei Betrachtungen über die Verwandlung von geordneter in ungeordnete Bewegung und die Unmöglichkeit völliger Rückverwandlung lassen sich m. E. durch folgende Ueberlegung beheben. Einerseits gibt es keine vollkommen reibungslosen Bewegungen, d. h. also vollkommen geordnete, bei denen nicht durch Reibung oder reibungsähnliche Vorgänge wenigstens ein kleiner Teil der geordneten Bewegung in ungeordnete überginge. Andererseits gibt es aber auch keine im Sinne der Theorie vollkommen ungeordnete Bewegung. Die „vollkommene Unordnung“, wie sie theoretisch durch das Maxwell'sche Verteilungsgesetz der Geschwindigkeiten unter nicht bloss sehr viele, sondern unendlich viele Teilchen gegeben ist, ist zwar der wahrscheinlichste Zustand, kann aber in keinem Falle in der Natur völlig verwirklicht sein. Denn jede Verwandlung von geordneter Bewegung in ungeordnete, z. B. die Auflösung eines Gasstrahles zuerst in grössere, dann in kleinere und immer kleinere Wirbel und unregelmässige Bewegungen, verliert

nur asymptotisch den letzten Rest von Ordnung, bedarf also unendlich langer Zeit bis zu deren völligem Verlust. Da nun solche Umwandlungen allenthalben neu vor sich gehen, kann auch nirgends der Zustand völliger Ungeordnetheit der Bewegung, Boltzmann's wahrscheinlichster Zustand, in endlicher Zeit vollkommen erreicht werden. Dies hindert natürlich nicht, in theoretischen Ueberlegungen den Zustand vollkommener Unordnung für die Wärmebewegung als Postulat aufzustellen, was man ebenso darf, wie man vollkommen geordnete Vorgänge, frei von entstehender Unordnung, bei den reversiblen Prozessen theoretisch annimmt. Beides sind also nur Abstraktionen.

In analytischer Beziehung manifestiert sich der für die Wärmebewegung als vollkommen ungeordneter angenommene Zustand als ein nur idealer, niemals wirklicher, auch darin, dass er — wie schon oben hervorgehoben — nicht für sehr viele, sondern nur für unendlich viele, im Maxwell'schen Verteilungsgesetz formuliert werden kann. Bei dessen Ableitung findet immer an irgend einer Stelle der Beweisführung ein darauf bezüglicher mathematischer Uebergang statt.

Die wirklichen Vorgänge in der Natur können sich zwar beliebig einem der beiden idealen Grenzfälle der völligen Unordnung nähern, nie aber einem von ihnen völlig entsprechen, sondern liegen stets dazwischen. Um einen geometrischen Vergleich zu brauchen: wir bewegen uns bei den wirklichen Vorgängen auf einer Kurve, die mehr oder weniger grossen Werten der Ungeordnetheit der Bewegungen entspricht; diese Kurve verläuft nach zwei entgegengesetzten Richtungen ins Unendliche, sich zwei parallelen Asymptoten nähernd, welche die ideale völlige Geordnetheit bzw. Ungeordnetheit der Bewegungen bedeuten, die wirklich beide nicht existieren.

Das Boltzmann'sche sogenannte H-Theorem, das die Bedeutung des zweiten Hauptsatzes formuliert, gibt an, dass endliche Zustandsänderungen immer nur in Richtung einer

Zunahme der Unordnung stattfinden können. Die Umwandlung von wirklicher Molekularbewegung in Brownsche Bewegung scheint mir im Sinne meiner obigen Ausführungen nur ein verschwindend kleiner Schritt in Richtung zunehmender Ordnung zu sein, sodass aus diesem Grunde ich in ihr noch keinen Widerspruch gegen Boltzmann's H-Theorem erblicke.

Uebrigens sei noch auf die Bemerkung Helmholtz' in seinen Vorlesungen Bd. VI, pag. 259 und 260 ausdrücklich hingewiesen, wo er Erwägungen darüber anstellt, ob nicht vielleicht in der organischen Natur direkte, teilweise Ordnung von ungeordneter Wärmebewegung stattfinden könne.

---

M. Seddig:

### **Bemerkungen zu einem Referate.**

Mit Bedauern habe ich gehört, dass meine in der Dezembersitzung v. J. gemachte Bemerkung zu dem Referate in den Beiblättern z. d. Ann. d. Phys. (Bd. 30, Nr. 16, pag. 829. 1906) missverstanden werden konnte.

Der Referent der Beiblätter schreibt an der eben angegebenen Stelle, Professor W. Holtz „reklamiere“ mir gegenüber die Priorität der Darstellung elektrischer Kraftlinien (W. Holtz, Physikal. Zschr. VII. pag. 258—259; 1906). Ich vermag jedoch an der in Betracht kommenden Stelle keine „Reklamation“ zu erkennen. Herr Professor Holtz konstatiert eben nur beiläufig mit einigen wenigen Worten innerhalb einer längeren Abhandlung, dass er und, bereits 1863, Reitlinger und F. Kraus elektrische Linienfiguren hergestellt haben; er behauptet nicht, dass ich ihm jemals die

Priorität streitig gemacht hätte; und er kann dies übrigens auch nicht, da ich seine Priorität in der Beobachtung solcher Figuren überhaupt stets deutlich anerkannt habe. Sie ist mir übrigens erst nach Vollendung meiner Versuche bekannt geworden.

In der früheren Bemerkung zu jenem Referate hatte ich, nur um den objektiven Tatbestand deutlicher hervorzuheben, noch besonders angeführt, dass zuerst ich diese elektrische Liniendarstellung zu recht vollkommenen und stets leicht anstellbaren Versuchen ausgebildet habe.

Herr Professor Holtz nahm bei seinen Versuchen vornehmlich Rücksicht auf die unterschiedliche Anordnung von verschiedenen, hineingestreuten Pulvern zwischen und an den Polen, d. h. ob sie sich „strahlig“, klumpenförmig usw. an dem einen oder anderen Pole sammelten; weniger aber von Teilchen mit hoher Dielektrizitätskonstante und deren noch nicht ausgebildete Anordnung zu Kraftlinien.

---

Sodann trug Herr F. Richarz vor:

### Ueber die vermutliche Einatomigkeit von Metalldämpfen.

Unter den festen Elementen mit Atomgewichten kleiner als 40 befolgen nur Lithium, Natrium und Kalium das Gesetz von Dulong und Petit. Dass und warum kleines Atomgewicht die Abweichungen von diesem Gesetz begünstigt, habe ich bereits in meinen ersten Abhandlungen über die Theorie dieses Gesetzes<sup>1)</sup> gezeigt. Ebenso, dass grosses Atomvolumen der Erfüllung des Gesetzes günstig ist. Jene drei Alkalimetalle sind nun gerade diejenigen, die in der Curve der Atomvolumina der Elemente bis zum Atomgewicht 40 hinauf die Stellen der drei Maxima einnehmen, sodass sich auch darin meine Schlussfolgerung bestätigt findet. Nun zeigt sich, worauf ich weiterhin aufmerksam gemacht habe<sup>2)</sup>, dass gerade die Elemente mit kleinem Atomvolumen, die die stärksten Abweichungen vom Gesetz von D. u. P. zeigen, auch diejenigen sind, welche allotrope Modificationen bilden, die man ja bekanntlich durch Zusammenballung der Atome zu Atomcomplexen verschiedener Art erklärt. Umgekehrt würden dann Elemente mit grossem Atomvolumen, wie Lithium, Natrium und Kalium, die deswegen auch das Gesetz von D. u. P. befolgen, einfache, nicht zu Complexen vereinigte Atome zunächst im festen Zustande haben. Es sind die 3 mit stärkstem metallischem Charakter unter den Elementen von Atomgewichten bis zu 40 hinauf. Weiter haben die Lösungen der Metalle in Quecksilber, die Amalgame, durch die Gefrierpunktserniedrigung Einatomigkeit der gelösten Molekeln ergeben. Endlich folgt aus den Dampfdichte-

---

1) F. Richarz, Sitz. Physik. Ges., Berlin 24. II. 1893 Wiedem. Ann. 48, p. 708, 1893.

2) F. Richarz, Arb. Sitz.-Ber. Juli 1904, p. 63.

bestimmungen von Quecksilber, Cadmium, Zink, letztere von Viktor Meyer ausgeführt, in Verbindung mit dem Wert  $\alpha = (c_p : c_v) = \frac{5}{3}$  für das Verhältnis der spezifischen Wärmen bei Quecksilberdampf nach den Versuchen von Kundt und Warbnrg Einatomigkeit dieser Dampfmolekeln. Dass gerade allein für die 3 Metalle *Hg*, *Cd*, *Zn* die Dampfdichten bzw.  $\alpha$  direkt bestimmt worden war, liegt daran, dass der Siedepunkt von Quecksilber am niedrigsten unter allen Metallen, und der von *Cd* und *Zn* auch noch verhältnismässig niedrig liegt.

Alles zusammengekommen erschien es mir schon seit langem als wahrscheinlich, dass die **Dämpfe der Metalle** alle, oder meist, **einatomige Molekeln** besitzen. Diese Vermutung habe ich vor etwa einem Jahre bereits Professor F. A. Schulze und Dr. A. Wigand, später auch Dr. Hermann Wolff gegenüber ausgesprochen, und hatte dann Herrn Kollegen F. A. Schulze auch bereits vor einiger Zeit veranlasst, die Leitung bezüglich Messungen des Herrn Kand. Wilhelm Wenz im hiesigen Institut zu übernehmen. Ueber die Methode und die Resultate dieser Messungen werde ich später berichten.

---

Schliesslich sprach Herr F. Richarz noch: über die **von ihm und Wilhelm Ziegler nachgewiesene Erhitzung von Elektrolyten an kleinen Elektroden bis zur Siedetemperatur**; zur Berichtigung von Herrn Paul Ludewig. —

Bei meinen Versuchen zur Bestimmung der galvanischen Polarisirung bei grosser Stromdichtigkeit<sup>1)</sup> kam ich durch Beobachtung eigentümlicher Erscheinungen zu dem Schlusse, dass infolge der grossen Stromdichtigkeit die Flüssigkeit in der Nähe der kleinen Drahtelektrode so stark erhitzt werde, dass sie dort verdampfe, und infolge der sich bildenden

---

2) F. Richarz, Wied. Ann. **39**, p. 67 u. 201, 1890; **47**, p. 567, 1892.

Dampfhülle die Stromstärke auf einen sehr kleinen Wert sinke. Zur Kontrolle meiner Schlussfolgerung veranlasste ich Herrn Wilhelm Ziegler<sup>1)</sup> zu Temperaturmessungen des Elektrolyten in der Nähe der kleinen Drahtelektrode vermittels eines dorthin gebrachten Thermoelementes. Er fand meine Erklärung jenes Phänomens bestätigt; denn aus seinen Versuchen ging zunächst hervor, dass wie vermutet die Erhitzung der Flüssigkeit wirklich bei Steigerung der Stromintensität bis zum Siedepunkt wächst; sodann bewiesen die Messungen von Herrn Wilhelm Ziegler, dass die Erscheinung der Stromunterbrechung stets gerade dann eintritt, wenn die Temperatur der Flüssigkeit bis zum Siedepunkt gestiegen ist.

Diese Erscheinung ist die erste Phase des Prozesses bei den elektrolytischen Stromunterbrechern; die bei ihr wesentliche Verdampfung des Elektrolyten tritt auch auf, wenn an einer anderen Stelle als an der Elektrode eine starke Querschnitts-Verengung vorhanden ist, an welcher die Stromdichte sehr gross wird. Letzteres haben Herr Wehnelt<sup>2)</sup> und Herr H. Th. Simon<sup>3)</sup> gefunden.

Beide Herren haben, nachdem sie meine und Wilhelm Zieglers ältere Arbeiten über die Erhitzung der einer kleinen Elektrode anliegenden Flüssigkeitsschichten bis zum Verdampfen anfänglich übersehen hatten, später unsere Priorität in Bezug auf die Beobachtung und Erklärung dieser ersten Phase des Vorganges bei den elektrolytischen Unterbrechern selbst anerkannt<sup>4) 5)</sup>.

In einer kürzlich veröffentlichten Göttinger Inauguraldissertation führt Herr Paul Ludewig zwar in der Literatur-

---

1) F. Richarz und Wilh. Ziegler, Wied. Ann. **63**, p. 261, 1897; Wilhelm Ziegler, Inaug.-Diss. Greifswald 1897.

2) A. Wehnelt, Wied. Ann. **68**, p. 262, 1899.

3) H. Th. Simon, Wied. Ann. **68**, p. 861, 1899.

4) A. Wehnelt, El. Techn. Ztschr., p. 187, Febr. 1899; P. Spiess u. A. Wehnelt, Verh. Deutsch. Physik. Ges. **1**, p. 53, 1899.

5) H. Th. Simon, Wied. Ann. **68**, p. 275, 1899.

zusammenstellung die Mehrzahl der bezüglichlichen Arbeiten von mir und Wilh. Ziegler an. Der vorstehend auseinandergesetzte Sachverhalt ist aber im Text teils nicht angegeben, teils irrig dargestellt, sodass ich mich ausser zu dem Hinweis auf das von mir soeben bereits Gesagte noch zu folgenden Berichtigungen im Einzelnen genötigt sehe.

Inwieweit ich die Bildung der Dampfhülle mit dem Leidenfrostschcn Phänomen in Parallele gestellt habe, geht aus folgender Stelle<sup>1)</sup> einer meiner älteren Arbeiten hervor, an der ich sage, die Erscheinung sei „dem Leidenfrostschcn Phänomen vergleichbar, indem das Wesentliche eine Dampfhülle ist, welche die Elektrode umgibt, und welche um so leichter auftritt, je grösser die Stromdichtigkeit ist. Während aber beim Leidenfrostschcn Phänomen die Erhitzung der Unterlage des Tropfens das erste ist, und die Flüssigkeit von ihrer Unterlage her erwärmt wird, geschieht bei der Erscheinung an Elektroden die Wärmeentwicklung in der Grenzschicht der Flüssigkeit selbst, indem diese durch den Strom bis zur Siedetemperatur erhitzt wird. Eine einfache Rechnung ergibt, dass in 50prozentiger Schwefelsäure die Temperatur der Flüssigkeitsschicht, welche einer Drahtelektrode von 0,08 mm Dicke und 10 mm Länge unmittelbar anliegt, durch den Strom von 1 Amp., abgesehen von Fortführung der Wärme, in  $\frac{1}{7}$  Sekunde bis zum Siedepunkt steigt<sup>2)</sup>.“

An der soeben zitierten Stelle meiner Habilitationsschrift<sup>2)</sup> hatte ich bereits diejenige Ueberschlags-Berechnung mit der richtigen Schlussfolgerung angestellt, welche 1897 auf meine Veranlassung Herr Wilhelm Ziegler in vollkommenerer Weise ausgeführt hat. Nach Herrn P. Ludewigs Erwähnung auf pag. 19 seiner Dissertation wäre eine solche Berechnung Klupathy 1902 zuzuschreiben, der aber falsche Schluss-

---

1) F. Richarz, Wied. Ann. 47, p. 579, 1892.

2) F. Richarz, Wied. Ann. 39, 1890, p. 83.

folgerungen aus ihr zog. Diese letzteren wollte bereits Herr Wilhelm Ziegler selbst berichtigen nach Versuchen, die er angestellt hatte über das Spannungsgefälle im Elektrolyten in der Nähe sehr kleiner Elektroden. Leider unterblieb die Publikation dieser und anderer Versuche von Herrn Wilhelm Ziegler in Folge seiner Berufung an die Universität zu Santiago in Chile. Sonst vielleicht, und wenn Herr P. Ludewig die Bemerkung des Herrn Wilhelm Ziegler<sup>1)</sup> und die Arbeit des Herrn K. Klüpfel<sup>2)</sup> gekannt hätte, würde Herr P. Ludewig den richtigen Sachverhalt gewusst haben.

---

1) Wilh. Ziegler, Wied. Ann. **69**, p. 718, 1899.

2) F. Richarz, Marb. Sitz.-Ber. Juli 1903, p. 47; Klüpfel, Inaug.-Diss. Marburg; Drudes Ann. **16**, p. 574, 1905, insbesondere die Stellen pag. 579 und 580.

---

In der ordentlichen Sitzung vom 13. November 1907 berichtete Herr W. Krauss über:

### **Anatomische Untersuchungen über die Venen der menschlichen Orbita.**

Für die Erkenntnis der Pathogenese einer Reihe wichtiger Erkrankungen des Auges und der Augenhöhle ist es notwendig, die Art und Weise des Blutabflusses aus der Orbita genau zu kennen. Als Vortragender nun gelegentlich des Vorkommens hierher gehörender Krankheitsbilder, die er im Laufe der letzten Jahre an der Augenklinik zu beobachten Gelegenheit hatte, über die Anatomie der Orbitalvenen in den Hand- und Lehrbüchern sich zu unterrichten suchte, fand er, dass über eine Reihe von Fragen anatomischer und physiologischer Natur bei den Untersuchern weder Klarheit noch Uebereinstimmung herrschte. War doch, um einiges hervorzuheben, die Frage, ob die Orbitalvenen klappenlos seien oder nicht, ob und welche Verbindungen durch die untere Orbitalfissur hindurchgingen, wie die Verbindung der V. ophth. sup. mit dem sinus cavernosus zustande komme, wohin überhaupt der Abfluss des orbitalen Venenblutes erfolge, und anderes noch keineswegs entschieden, wie ein Blick auf die Arbeiten der beiden Hauptuntersucher dieses Gegenstandes, Sesemann und Gurwitsch, beweist. Da ausserdem diese Publikationen ziemlich weit zurückliegen, 1869 und 1883, erschien es lohnend, den vorliegenden Gegenstand zumal mit den Mitteln moderner Injektionstechnik — Radiographie! — einer erneuten Untersuchung zu unterziehen.

In Gemeinschaft mit Professor Zumstein hat nun Vortragender diese Aufgabe zu lösen versucht und berichtet über die dabei gewonnenen Resultate. Den Herren Geh. Gasser

und Geh. Küster gebührt besonderer Dank, da ersterer die Mittel des Instituts und letzterer das Leichenmaterial bereitwilligst zur Verfügung stellte.

Das untersuchte Material beläuft sich auf 17 Köpfe von Erwachsenen und eine Anzahl von Köpfen Neugeborener; im ganzen wurden 20 Köpfe mit 40 Orbitae injiziert; ein Material, das immerhin gewisse Schlüsse auf das allgemeine Verhalten der Orbitalvenen gestattet.

Was die Untersuchungstechnik anbelangt, so wurden die Köpfe der Erwachsenen präparatorisch verarbeitet und die der Neugeborenen nach entsprechender Zerkleinerung in Serienschnitte zerlegt und mikroskopisch untersucht. Stets wurden Injektionen der Venen vorausgeschickt, denn ohne solche ist eine genauere Darstellung des Venensystems unmöglich. Als Material dazu dienten schnell erhärtende Wachs- und langsamer erstarrende Leimlösungen, je nach dem Zwecke, der dabei verfolgt wurde. Diese Lösungen wurden von den verschiedensten Stellen aus injiziert, von den Vv. fac. ant., temporalis, jugularis, ophth. sup. selbst und vom Sinus cavernosus aus. Die Lösungen waren ein- und mehrfarbig und wurden gleichzeitig oder hintereinander eingespritzt; es ergaben sich aus der verschiedenen Art und Weise des Ablaufes der Masse und ihrer Verteilung auf bestimmte schärfer abgrenzbare Gefäßgebiete schon gewisse Rückschlüsse auf das Verhalten beim Lebenden.

Da nun bei der Präparation besonders in der fettreichen Orbita die Gebilde eine nicht unwesentliche Verschiebung zu erfahren pflegen, wurde die Radiographie zu Hilfe genommen, indem von einer grossen Anzahl von Köpfen nach vorausgegangener Injektion der Venen mit einer alkoholischen Quecksilberoxydlösung Röntgenaufnahmen gemacht wurden. Dieses Verfahren gestattete neben der Darstellung des Venengebietes auch nach der Röntgenaufnahme noch eine genaue Präparation, da sich die Gefässe durch ihre gelb-rote Färbung vorzüglich aus dem umgebenden Gewebe heraus-

hoben. Es liegt auf der Hand, dass so die eine Methode eine wertvolle Kontrolle und Ergänzung der anderen ermöglichte.

Die Resultate der Untersuchungen sind auf zwei Tafeln verbildlicht, welche die Verhältnisse sowohl beim Blick von temporal als auch von oben in die Orbita schematisch darstellen. Vortragender erklärt dieselben im einzelnen und hebt aus der Beschreibung des orbitalen Venensystems, die an anderer Stelle eine ausführlichere Wiedergabe finden wird, die wichtigsten Resultate hervor, die teils bisher noch strittig waren, teils noch nicht die nötige Beachtung gefunden haben, und zwar folgende:

1. Sämtliche Venen der Orbita sind in der Regel klappenlos und nach allen Richtungen für den Blutstrom frei passierbar.

2. Die Summe der orbitalen Abflusswege ist nach vorn dem Gesicht zu eine grössere als nach hinten.

3. Durch die untere Orbitalfissur treten nur ausnahmsweise grössere venöse Gefässe in die Fossa pterygopalatina aus; meist sind sie klein und unbedeutend.

4. Die Verbindung zwischen V. ophth. sup. und Sinus cav. stellt sich meist insoweit anders dar wie gewöhnlich angegeben wird, als sie einen deutlich im Bereich der oberen Orbitalfissur absteigenden Verlauf und eine wesentliche Verengerung aufweist. Auch steht nicht selten das Venensystem der Orbita durch Anastomosen mit oder ohne Vermittelung des Sinus alae parvae mit den Meningealvenen und der V. fossae Sylvii in Verbindung.

5. Die drei grössten Venen der Orbita, von denen die V. ophth. inf. inkonstant und variabel ist, sind durch zahlreiche Anastomosen mit einander verbunden und bilden insgesamt einen mehr oder weniger geschlossenen Ring um den Bulbus, in den sich meist auch die Vortexvenen ergiessen. Auf diese Weise ist stets bei den verschiedensten Stellungen des Kopfes für einen allseitig freien Abfluss aus Orbita und Auge gesorgt.

Auch die V. centr. ret. steht meistens direkt oder indirekt mit diesem Anastomosenring in Verbindung.

6. Ueber die physiologische Frage, wohin nun der Venenabfluss der Augenhöhle stattfindet und von welchen Umständen seine Richtung bestimmt wird, sind Untersuchungen im Gange.

Vortragender demonstriert die einschlägigen Befunde an einer Reihe stereoskopischer Röntgenbilder vom Orbitalvenensystem des Erwachsenen und histologischer Präparate, die Injektionsserienschnitte durch die Augenhöhlen von Neugeborenen darstellen. Besonders interessant sind die Röntgenbilder von einem der Fälle, bei denen sich ausgedehnte variköse Erweiterungen der Orbitalvenen fanden.

---

Aufgelegte Schriften:

Braunschweig	Programm der techn. Hochschule pro 1907/8	1907
Brünn	Lehrerklub f. Naturkunde, 8. Bericht	1907
Dresden	Isis. Sitzungsbericht 1906 Juli/Dezember	1907
Giessen	Oberhess. Ges. f. Naturkde. } a) Bericht. Naturwiss. I. } b) do. Mediz. II. }	1907
Halle a. S.	Leopoldina 1907 Nr. 7/8	1907
Linz a. D.	Museum Franc-Caol. 65. Jahresbericht	1907
Lüneburg	Naturwiss. Verein. Jahreshefte XVII.	1907
Frag	Lotos a) Sitzungsberichte NF. 26. Bd. b) Zeitschrift Naturwiss. N.F. 1. Bd. 1/3	1906 1907
Stuttgart	Verein f. Naturkde. a) Jahreshefte 63. Jahrg. b) 2 Beilagen (geolog. u. pflanzengeog.)	1907 1907
Wien	Geolog. Reichsanstalt. Verhandlungen 1907 Nr. 7/10	1907
Würzburg	Physik.-med. Gesellschaft Sitzungsberichte 1906 Nr. 1/7	
Lissabon	Société portugaise etc. Bulletin I. 1	1907

Roma	Accad. dei Lincei Atti XVI 1/4	1907
St. Petersburg	Acad. des sciences. Bulletin VI. Nr. 13	1907
Lima	Cuerpo de Ingenieros de minas. Nr. 47/49	1907
Bergen	Museum. Aarbog. 1907	1907
Bergen	Museum: Sars Crustacea V. Bd. 17/18	1907
Albany	a) New-York state Museum 57 <sup>th</sup> report (1903)	
	III. u. IV. Bd. geb. 4 <sup>o</sup>	1905
	b) 58 <sup>th</sup> report Bd. 1—5 in 8 <sup>oo</sup> geb.	1906
Boston	The America Naturalist Nr. 488	1907
Chicago	Academy of sciences: Bulletin Nr. IV 2. u. VI	1907
Davenport	do. do. Proceedings XI. Bd.	
	pag. 125/417	1907
Manchester	Literary society: Memoirs 51. Bd. III. J.	1907
Missoula	University of Montana. Bulletin Nr. 40 u. 42	1907
Lincola	do. of Nebraska: do. VII. 1 <sup>o</sup>	1907
New-Haven	Connecticut Academy. Transactions XII u.	
	XIII pag. 1/46	1907
New-York	Public library; Bulletin XI. 7/8	1907
Philadelphia	Am. phil. society: Proceedings Nr. 185	1907
Washington	I. Smithsonian institution	
	a) 24. Annual report of Am. ethnology,	
	1902/3 in 4 <sup>o</sup> geb.	1907
	b) Miscellaneous Collections 50. u. 48. Bd.	
	(Publ. Nr. 1695/1703)	1907
	c) Miscellaneons Parts of. 49. Bd. (Nr.	
	1720/21)	1907
	II. Carnegie Institution. Maccurdy u. Castle	
	Selection etc. 70	1907
	III. Departement of agriculture Yearbook	
	1906 geb.	1907
	IV. Geological survey	
	a) Professional paper Nr. 57. 4 <sup>oo</sup>	1907
	b) Water-Supply Nr. 190—194; 196, 200	1907
	c) Bulletin Nr. 287, 294, 296, 300, 308,	
	312, 314, 315	1907
	Amer. Acad. of arts und sciences Proceedings	
	43. Bd. Nr. 1/3	1907

# Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der  
gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

---

---

*M.* 9

Dezember

1907

---

---

In der Sitzung vom 11. Dezember berichtete Herr  
E. Korschelt:

## Ueber Regenerations- und Transplantationsversuche an Anneliden (Limicolen und Lumbriciden).

### **I. Regeneration bei Lumbriculus und Tubifex.**

Die Versuche, über welche in der Sitzung vom 31. Juli d. J. berichtet wurde, sind von Herrn C. Müller weiter fortgesetzt und unterdessen ziemlich zum Abschluss gebracht worden, sodass die damals gemachten Mitteilungen einer Ergänzung bedürfen. Wie in dem früheren Bericht betont wurde, sollte vor Allem geprüft werden, wie weit die Regenerationsfähigkeit bei den als besonders geeignete Objekte geltenden limicolen Oligochaeten (*Lumbriculus* und *Tubifex*) geht. In dieser Hinsicht sei in Anlehnung an den früheren Bericht folgendes mitgeteilt:

**Kopfgeneration.** Für die Neubildung des Kopfes, die sich unter den bereits mitgeteilten Bedingungen vollzieht,

ist hinzuzufügen, dass sie bei *Lumbriculus variegatus* an ein und demselben Wurm

vom Oktober 1906 bis Dezember 1907: 17 mal

vom April 1907 bis Dezember 1907: 21 mal

mit Erfolg vorgenommen werden konnte.

Bei *Tubifex rivulorum* konnten aufeinander folgende Kopfneubildungen vom Oktober 1906 bis Dezember 1907 nur 6 mal, vom April 1907 bis Dezember 1907 nur 7 mal an ein und demselben Wurm erzielt werden. Die Gründe für dieses weniger günstige Verhalten sind in der ersten Mitteilung angegeben worden.

**Schwanzregeneration.** Die Regeneration des Hinterendes vollzieht sich bekanntlich leichter; die Fähigkeit zur Neubildung ist in dieser Beziehung eine weiter gehende. Bei ein und demselben Tier vom *Lumbriculus* wurde sie erzielt:

vom Oktober 1906 bis Dezember 1907: 31 mal

vom April 1907 bis Dezember 1907: 42 mal

Bis zu den letzten Operationen hatten die Stücke allmählich an Umfang ziemlich abgenommen und zwar bis zu 9 Segmenten. Nachdem an solchen Stücken bei dem gleichen Segmentbestand die Regeneration noch wiederholt (bis zu sechsmal) versucht worden war, hielten diese Stücke die Wiederholung des Versuchs nicht aus; ihre Zahl wurde immer geringer und sie waren schliesslich nicht mehr aufzufinden, also zu Grunde gegangen.

Es braucht kaum besonders erwähnt zu werden, dass alle die aufgeführten Versuche immer mit einer grösseren Zahl von Würmern angestellt wurden, so dass die hier mitgeteilten Angaben über Kopf- und Schwanzregeneration, sowie die übrigen, der Summe der darauf bezüglichen zahlreichen Beobachtungen entsprechen. Das genauere hierüber wird von Herrn C. Müller in seiner ausführlichen Arbeit mitgeteilt werden.

Bei *Tubifex* ergaben sich als Zahlen für die an ein und demselben Individuum aufeinander folgende Schwanzregeneration:

vom Oktober 1906 bis Dezember 1907: 31 mal

vom April 1907 bis Dezember 1907: 40 mal

Das Ende dieser Versuche wurde bei *Tubifex* auf ähnliche Weise herbeigeführt, wie es soeben für *Lumbriculus* darzustellen war.

Die auffallende Verschiedenheit der bei der ersten (Winter- und Sommer umfassenden) Versuchsreihe erhaltenen Regenerations-Zahlen von denjenigen der zweiten (Frühjahr bis Herbst bzw. Winter erzielten) Versuchsreihe erklärt sich zum Teil aus den rascher nach einander vorgenommenen Operationen, zum Teil aber auch daraus, dass die Würmer der ersten Versuchsreihe, als sie in eine der Regeneration günstigere Jahreszeit kamen, durch die von Oktober bis April an ihnen vorgenommenen Operationen wohl bereits eine gewisse Schwächung erlitten hatten, die mit einer Verminderung ihrer Regenerationskraft verbunden war. Wie die vorgenannten Zahlen zeigen, bezieht sich dies auf die Kopf- und Schwanzregeneration sowohl bei *Lumbriculus* wie *Tubifex*. Genaueres hierüber kann erst in der ausführlichen Arbeit selbst mitgeteilt werden.

Einer Anzahl von Versuchstieren wurde immer im Verlauf von je 14 Tagen erst das (aus ca. 20 Segmenten bestehende) Schwanzende, dann immer das Regenerat mit 1 bis 2 alten Segmenten entfernt und zwar sowohl bei *Lumbriculus* wie bei *Tubifex*. Jedesmal zeigten sich nach Verlauf von 14 Tagen durchschnittlich 25 Segmente neu gebildet. Dies geschah vom Februar bis Dezember 1907 in 22 aufeinander folgenden Malen. Die Versuche sind noch nicht ganz abgeschlossen. Wurde das Regenerat ungehindert am Körper belassen, so entstanden durchschnittlich in zwei Wochen 25, in vier Wochen 50, in sechs Wochen 75 und in acht Wochen 100 neue Segmente.

**Kopf- und Schwanzregeneration.** Bei gleichzeitigem Verlust des Kopf- und Schwanzendes konnte für *Lumbriculus* vom April 1907 bis Dezember 1907 eine 20malige Regeneration erzielt werden.

**Regeneration an Regeneraten.** In der bei den früheren Versuchen (Juli d. J.) geschilderten Weise wurden genügend lange und segmentreiche Schwanzregenerate vom Körper des *Lumbriculus* abgetrennt und mit ihnen weitere Versuche unternommen, nachdem sie einen neuen Kopf gebildet hatten. Unter Beibehaltung dieses neuen Kopfendes erfolgte die Regeneration des Schwanzendes vom April 1907 bis Dezember 1907: 22 mal. Die Regeneration des Kopfendes unter Beibehaltung des zuerst regenerierten Schwanzendes geschah vom April 1907 bis Dezember 1907: 20 mal. Die Versuche sind abgeschlossen, indem die aus etwa zehn Segmenten bestehenden Stücke allmählich zu grunde gingen.

Bezüglich der weiteren Versuche der Erzielung von Regeneration an Regeneraten sei auf das früher Mitgeteilte verwiesen. Erwähnt sei nur noch, dass der aus einem Regenerat gebildete Wurm wie das normale Tier in eine Anzahl Stücke zerlegt werden kann, die sich zu neuen Würmern ergänzen.

**Zerlegung des Wurms in eine Anzahl von Teilstücken.** Von der Zerstückelung des *Lumbriculus* in 8 bis 23 Teile war bereits in dem ersten Berichte die Rede. Diese Stücke leben weiter, indem sie ein neues Vorder- und Hinterende bilden. Auch die aus nur wenigen Segmenten bestehenden Stücke scheinen zu einem vollständigen Wurm heranzuwachsen. In dieser Hinsicht würde *Lumbriculus* ein günstiges Objekt für die Entscheidung der Frage sein, ob sich auch die Genitalregion neu zu bilden vermag, d. h. ob Keimdrüsen in solchen Würmern auftreten könnten, die durch Regeneration nach vorn und hinten aus einem andern Körperteil hervorgegangen sind. Bekanntlich sind jedoch

Lumbrikeln mit Genitalorganen nur ganz selten aufzufinden. Bei dem im hiesigen Institut ausgeführten Versuchen sind jedenfalls niemals solche beobachtet worden.

Von den aus nur drei Körpersegmenten bestehenden Stücken wurde schon früher mitgeteilt, dass sie nicht nur einen Kopf und ein segmentreiches Hinterende zu bilden vermögen, sondern sich nach vollzogener Regeneration wieder in eine Anzahl von Teilstücken zerlegen lassen, die dann abermals in gleicher Weise regenerieren. — Die in gleicher Richtung fortgesetzten Versuche ergaben, dass aus nur zwei Segmenten bestehende Stücke (aus einer dafür geeigneten Körperregion des Lumbriculus) im Verlauf von vier Wochen ein aus 6—7 Segmenten bestehendes Kopfregenerat, sowie ein Schwanzende von 18—22 Segmenten zu bilden vermögen. Stücke, die nur aus einem Segment bestehen, lieferten nur ausnahmsweise ein aus mehreren Segmenten gebildetes Kopfregenerat, leichter hingegen (aus etwa 12—16 Segmenten zusammengesetzte) Schwanzregenerate. Bei der geringen Grösse dieser letzteren Teilstücke stehen ihrer Züchtung gewisse Schwierigkeiten entgegen, welche die Erlangung besserer Ergebnisse ungünstig beeinflussen dürften.

In letzterer Beziehung sind ähnliche Versuche zu erwähnen, die ganz neuerdings S. Morgulis an Lumbriculus angestellt hat<sup>1)</sup> und die uns erst kürzlich bekannt wurden, als Herrn Müllers Versuche schon grösstenteils abgeschlossen waren. Bei einem seiner Versuche, Lumbriculus in eine Anzahl von Teilstücken zu zerlegen, wurden auch Stücke von nur einem (aus der vorderen Körperhälfte stammenden) Segment hergestellt und diese vermochten ein Kopfregenerat von sechs Segmenten, sowie ein Schwanzregenerat zu bilden. Wenn sich das so verhielt, müssen über den einen in dieser Hinsicht ausgeführten, aber nicht eingehender beschriebenen Versuch besondere Glücksumstände

---

1) Journal of Experimentat Zoology. Vol. IV, S. 549, 1907.

gewaltet haben, denn Herrn Müllers Versuche liessen aus einsegmentigen Stücken nur unter recht grossen Schwierigkeiten Regenerate am Vorder- und Hinterende hervorgehen. Die Schwierigkeiten ergaben sich vor allem aus der Aufbewahrung der Stücke in schlammhaltigem Wasser und aus dem Wiederaufsuchen in diesem; in reinem oder filtriertem Wasser liessen sich aber diese Teilstücke nicht halten, sondern gingen in höchstens zwei Tagen darin zu grunde.

Die Angaben von Morgulis, nach welchen Stücke aus 2—5 Segmenten nach vorn und hinten regenerieren, entsprechen den von C. Müller gemachten Beobachtungen, nur finden sich in den Zeitangaben merkwürdige Verschiedenheiten. Solche Stücke konnten nach Morgulis Beobachtung schon in fünf Tagen (vom 14. bis zum 19. Oktober) ihren Kopf und Schwanz neu bilden, während dies bei den entsprechenden, hier angestellten Versuchen erst in einigen (3—5 Wochen) geschah.

Die kleineren Stücke scheinen zur Bildung von Heteromorphosen zu neigen, indem einige solche mit einem Schwanz am vorderen und hinteren Ende aufgefunden wurden. Ueber diese, wie über andere von ihm erzielte Abnormitäten wird Herr Müller in seiner ausführlichen Arbeit selbst berichten; auch sei in dieser Beziehung auf die Mitteilung vom Juli d. J. verwiesen.

---

## **2. Transplantationsversuche zur Prüfung der Polarität des Annelidenkörpers.**

Bei den ebenfalls im Zoologischen Institut von Herrn C. Ruttloff vorgenommenen Transplantationsversuchen handelte es sich vor allem darum, ob es möglich ist, Teilstücke des Körpers in umgekehrter Richtung dauernd funktionsfähig mit diesem zu vereinigen oder die Polarität des Körpers

in anderer Weise, etwa dadurch zu überwinden, dass man ihn gewissermassen zwingt, an bestimmten Stellen andere als die dorthin gehörigen Teile neu zu bilden. — Ausgeführt wurden die Versuche mit den bei uns häufigen Regenwurmarten: *Lumbricus terrestris* L. (*L. herculeus* Duges), *Helodrilus longus* Ude (*Allolobophora terrestris* Sav.) u. a.

Ueber derartige Transplantationsversuche berichtete ich an dieser Stelle bereits vor einer Reihe von Jahren, bald nachdem sie im hiesigen Institut von E. Joest begonnen und erfolgreich durchgeführt wurden. Durch seine und meine eigenen Versuche war gezeigt worden, dass bei den mit gleichnamigen Polen, also in umgekehrter Richtung vereinigten Teilstücken, z. B. zwei mit den oralen Polen verbundenen Schwanzenden, eine Verwachsung der entsprechenden Organe (Darmkanal, Blutgefässe, Ganglienketten u. s. w.) eintritt und im Nervensystem eine Reizleitung von einem zum anderen Teilstück stattfindet.<sup>1)</sup> Ich konnte weiterhin zeigen, dass dies auch bei drei miteinander zum Teil in umgekehrter Richtung vereinigten Teilstücken (Verbindung eines Mittelstücks mit zwei Schwanzenden) der Fall ist. Auf die Dauer lebensfähig sind solche Vereinigungen natürlicher Weise nicht und es war die Frage, ob sich eine dauernd funktionsfähige Vereinigung erzielen liesse, wenn man etwa zwischen ein Vorder- und Endstück in umgekehrter Richtung ein Mittelstück einpflanzte. Solche Versuche wurden von Herrn Ruttloff in grösserer Zahl unternommen. Das ist nicht ganz leicht und es gehört ziemlich viel Ausdauer dazu, die drei

---

1) E. Korschelt: Bericht über Joests Transplantationsversuche an Regenwürmern. Sitz.-Ber. Naturforsch. Ges. Marburg 1895. — E. Joest: Transplantationsversuche an Lumbriciden. Arch. f. Entw. mech. 5. Bd. 1897. — E. Korschelt: Regenerations- und Transplantationsversuche an Lumbriciden. Verhandl. D. Zool. Ges. 1898. — O. Rabes: Transplantationsversuche an Lumbriciden. Arch. f. Entw. mech. 13. Bd. 1901.

Stücke zur endgiltigen Verwachsung zu bringen und am Leben zu erhalten. Bei einer Anzahl von Versuchen erwies sich dies als ausführbar. Sie sollen hier nicht im einzelnen besprochen, sondern nur in ihren Ergebnissen betrachtet werden.

Das Ergebnis der Einfügung eines invers gerichteten Mittelstücks zwischen ein Vorder- und Hinterende ist nicht nur eine völlige äussere Verwachsung, sondern auch eine innige Verschmelzung der entsprechenden inneren Organe, obwohl sich diese mit gleichnamigen Polen, d. h. also in unnatürlicher Stellung berühren. Das inverse Mittelstück liess insofern eine Einbeziehung in den Körper erkennen, als das Bauchmark eine durchgehende Reizleitung zeigte und eine entsprechende Verbindung des Darmkanals, der Blutgefässe, des Hautmuskelschlauchs u. s. f. erfolgt und also eine grosse Einheitlichkeit zwischen den entgegengesetzt gerichteten Teilen eingetreten war. Leider zeigte das Verhalten des Darmkanals gewisse Schwierigkeiten, die eigentlich insofern von vornherein nicht zu erwarten waren, als die Verwachsung der Darmwand auch bei umgekehrt vereinigten Stücken glatt zu erfolgen pflegt. Während nämlich an der ersten Vereinigungsstelle da, wo der aborale Pol des Vorderstücks mit demjenigen des Mittelstücks zusammenstösst, nicht nur die Darmverwachsung, sondern auch die Darmkommunikation leicht eintritt, scheint letzteres an der zweiten Verwachsungsstelle (Vereinigung der oralen Pole) mit Schwierigkeit verbunden zu sein. Die Nahrungsballen, welche die vordere Verwachsungsstelle ungehindert passieren, stauen sich vor der zweiten und vermögen in den hinteren Darmabschnitt nicht einzudringen, der infolgedessen ganz leer erscheint.

Die mikroskopische Untersuchung ergibt, dass an dieser Stelle ansehnliche Verdickungen und Faltenbildungen am Darmepithel stattfinden und dadurch das Lumen stark verengt oder gar zum Schluss gebracht wird. Dieses Verhalten stimmt mit den von Rabes (a. a. O. S. 316) an vereinigten Schwanzstücken gemachten Beobachtungen überein, wonach

die Darmvereinigung an den oralen Polen später, sowie auch unregelmässig und unvollständig eintritt, dabei wird das Lumen unter Umständen bis auf einen schmalen Spalt verengert und ausserdem treten auffallende Bindegewebswucherungen in der Umgebung der Darmvereinigungsstelle auf, welche in dieser Region einen grossen Teil der Leibeshöhle erfüllen. An der vorderen Vereinigungsstelle ist derartiges nicht zu bemerken. also scheint die Verwachsung aboraler Enden leichter und besser zu erfolgen. Möglicher Weise liegt der Grund darin, dass die nach hinten gerichteten peristaltischen Bewegungen die Verwachsung befördern und erleichtern, während beim Zusammentreffen oraler Enden (infolge der entgegen gesetzten Richtung der Peristaltik) das Gegenteil der Fall ist. In dieser Beziehung dürfte ein Fall von Interesse sein, in welchem der  $2\frac{1}{3}$  Monat nach der Operation getöte Wurm ein Zurückweichen des vorderen Darmendes und infolgedessen einen frühzeitig, schon vor der Verwachsung eingetretenen Verschluss des Darmes an der zweiten (hinteren) Vereinigungsstelle zeigte. Wäre es später, wie vielleicht anzunehmen ist, noch zur Verwachsung dieses blindgeschlossenen mit dem anderen Darmende gekommen, so würde in diesem Fall eine Kommunikation der beiden Darmhöhlen von Anfang an verhindert gewesen sein; eine nachträgliche Resorption der trennenden Scheidewand ist wenig wahrscheinlich. Das Ausbleiben der normalen Darmverbindung hindert also vorläufig dessen normales Funktionieren, doch besteht die Aussicht, diese Schwierigkeit in anderer Weise zu überwinden. Jedenfalls werden die Versuche noch fortgesetzt.

Von grösserem Interesse als die Einfügung des Mittelstückes dürften diejenigen Versuche sein, bei denen es sich darum handelt, an dem aboralen Körperende die Neubildung eines Kopfes zu erzielen. Dahin gerichtete Versuche waren schon von E. Joest angestellt worden, indem er zwei Würmer, denen nur wenige vordere Körperteile fehlten, mit den oralen Enden vereinigte und in Er-

wägung zog, ob nicht beim Entfernen des einen Wurmes unweit der Verwachsungsstelle anstatt der abgeschnittenen hinteren Körperpartie (unter dem Einfluss des grösseren Komponenten) vielleicht ein Kopf zur Ausbildung käme, welcher dann die vorhandenen Teile (den grösseren Komponenten und das Pfropfstück) zu einem vollständigen Wurm ergänzt hätte. Dies, wenn auch nicht vollständig, aber immerhin bis zu einem gewissen Grade zu erreichen, gelang A. P. Hazen bei den von ihr aufgenommenen Versuchen; bei einem von diesen wurde ein vom 3. bis 8. Segment reichendes Vorderstück einer *Eisenia foetida* mit dem oralen Pol dem oralen Pol eines (der vorderen 31 Segmente entbehrenden) Hinterstücks derselben Regenwurmart aufgepflanzt. Am freien aboralen Ende entstand ein zwar nicht normales Kopfgenerat, aber immerhin ein solches, das nach seiner äusseren und inneren Beschaffenheit als Kopf angesehen werden dürfte.<sup>1)</sup>

Es sollte Herrn Ruttloffs Aufgabe sein, festzustellen, ob es nicht möglich sei, die damals von Joest begonnenen Versuche fortzusetzen und auf diesem Wege normal ausgebildete Köpfe von wirklicher Funktionsfähigkeit zu erzielen. Auch hierzu gehörte recht grosse Ausdauer, denn die sich darbietenden Schwierigkeiten sind nicht unerhebliche, wie sich schon bei unseren früheren Versuchen, ebenso wie bei denjenigen von Hazen gezeigt hatte. Die meisten Vereinigungen fallen der einen und der anderen Schädlichkeit zum Opfer oder zeigen schliesslich keine Regeneration. Es musste also eine grosse Zahl von Versuchen angestellt werden. Bisher dürfen drei dieser Versuche als gelungen bezeichnet werden, die hier nur kurz charakterisiert werden sollen und bezüglich deren genauerer Ausführung auf Ruttloffs spätere Darstellung verwiesen wird:

---

1) A. P. Hazen: The regeneration of a head instead of a tail in an earthworm. *Anatom. Anzeiger*, 16. Bd., S. 536, 1899.

1. Versuch. Zwei Würmer (ein *Helodrilus longus* und ein *L. terrestris*) denen die drei vorderen Segmente fehlten, wurden mit den oralen Enden vereinigt; nach erfolgter Verwachsung wurde der eine Wurm (*H. longus*) bis auf vier Segmente verkürzt. Einem fast vollständigen Wurm sass also jetzt ein in umgekehrter Richtung aufgepflanztes Pflropfstück auf, das aus dem 4. bis 7. Segment des anderen Wurms bestand. An seinem freien (aboralen) Ende entwickelte es schon nach kurzer Zeit ein aus drei Segmenten bestehendes Regenerat, das äusserlich, wie ein Kopf aussah und sich auch innerlich als Kopfstück zu erkennen gab, als es nach  $3\frac{1}{2}$  Monaten mikroskopisch untersucht wurde. Die ventral gelegene Mundöffnung geht in den Pharynx bezw. Vorderdarm (des Regenerats) über und dieser setzt sich in den des Pflropfstücks fort, der seinerseits wieder mit dem Vorderdarm des Hauptstücks in direkter Verbindung steht. Ueber dem Vorderdarm liegt ein gut ausgebildetes oberes Schlundganglion, von welchem aus die beiden Schlundkommissuren nach den ventral vom Darm liegenden unteren Schlundganglion hinziehen; an letzteres setzt sich das Bauchmark an, welches seine Fortsetzung nach hinten in das Bauchmark des Hauptstücks findet.

Am oboralen Pol des Pflropfstücks ist also ein Kopf entstanden, der nunmehr das Vorderende eines aus ihm, dem invers gerichteten Pflropfstück und dem langen Hauptstück bestehenden Wurmes darstellt. Das Pflropfstück gehört ausserdem einer anderen Art an.

2. Versuch. Einem *Helodrilus longus*, dem die 26 vorderen Körpersegmenten fehlten, wurde ein aus den 4. bis 7. Vordersegmenten bestehendes Pflropfstück derselben Art so aufgepflanzt, dass die oralen Pole zur Verwachsung kamen. Am freien (aboralen) Ende entstand ein vier Segmente zählendes Regenerat, welches Kopfklappen wie Mundöffnung besass und äusserlich noch deutlicher als das vorige einem Kopf entsprach. Auch die mikroskopische Untersuchung zeigte in

diesem Fall ganz besonders ausgesprochen die Kopfnatur des Regenerats; es war ein stark muskulöser Pharynx vorhanden, der in den Oesophagus überging und mit den entsprechenden Darmpartien des Pfropf- und Hauptstücks in Verbindung stand. Nahrungsballen im Vorderdarm, die ihrer Beschaffenheit nach nur von aussen dahin gekommen sein konnten, zeigten, dass diese Organe wie der Mund in Funktion gewesen waren. Gehirn, Schlundkommissuren und unteres Schlundganglion waren in guter Ausbildung vorhanden; letzteres setzte sich in das Bauchmark und durch das Pfropfstück in das Hauptstück fort. Dieser Kopf steht somit hinter einem normalen kaum zurück.

3. Versuch. Auch bei diesem Versuch wurde ein aus dem 4. bis 7. Segment bestehendes Vorderstück in geeigneter Weise durch seinen oralen Pol mit dem Oralende eines, der vorderen 20 Segmente beraubten *H. longus* zur Verwachsung gebracht; daraufhin entstand am freien, oralen Ende des Pfropfstücks ein Regenerat (von fünf Segmenten). Wenn sich dieses auch nicht so deutlich, wie in den beiden vorhergehenden Fällen als Kopfregerat zu erkennen gibt, ist es dennoch ein solches, denn Mundöffnung und Vorderdarm sind vorhanden; über letzterem liegt ein gut ausgebildetes oberes Schlundganglion; ein unteres Schlundganglion allerdings und ein Bauchmark sind nicht da, sondern dieses wird nur durch einige Nervenstränge angedeutet, die mit dem Bauchmark des Pfropfstücks in Verbindung stehen, bzw. von ihm ausgehen. Als eine Kopfbildung gibt sich also auch das Regenerat dieses dritten Versuchs zu erkennen.

Durch die drei Versuche wird somit die Tatsache erläutert, dass bei Lumbriciden am aboralen Pol des Körpers eine Kopfbildung erfolgen kann, allerdings in einer sehr weit vorn gelegenen Region. Da die Kopfbildung an einer nach hinten gerichteten Wundfläche sonst nicht eintritt, d. h. derartige heteromorphe Kopfbildungen ungewöhnlich sind, so liegt die Annahme immerhin nahe, dass sie in den vorliegenden

Fällen durch die Verbindung des kurzen, invers gerichteten Pfropfstücks mit dem Vorderende des (der vorderen Segmente entbehrenden) Hauptstücks zu stande gekommen sein könnte. Jedenfalls hat man es mit einer Abweichung von der Polarität und mit der gleichzeitigen Einbeziehung eines invers gerichteten Stückes in den Körper zu tun, indem dieser anscheinend wieder zu einer gewissen Vollständigkeit ergänzt wird und die Organe der Neubildung mit denen des aufgefropften und Hauptstücks in einen, dem normalen Wurme ungefähr entsprechenden Zusammenhang treten.

---

Hierauf berichtete Herr F. Schenck über:

### **I. Apparat zur Mischung von Spektralfarben.**

Der Apparat enthält zunächst die übliche Versuchsaufstellung zur Demonstration der Mischung von Spektralfarben mit Hilfe der Projektionslampe, nämlich:

Von einem, durch das Licht einer Bogenlampe beleuchteten Spalt wird mittels eines ersten Objektivs und eines Geradsichtig-Prismas ein objektives Spektrum entworfen. An dem Orte des Spektrums ist ein Schirm mit mehreren Spalten aufgestellt, die so eingestellt werden, dass sie die zu mischenden Spektralfarben durchlassen.

Dicht vor das Prisma, d. h. da wo die Strahlen verschiedener Wellenlänge noch zusammen liegen, wenn sie auch verschieden gerichtet sind, wird ein Schirm mit einem kreisrunden Loch aufgestellt und von diesem Loche wird durch ein zweites, vor dem Orte des Spektrums aufgestelltes Objektiv ein Bild auf dem weissen Projektionsschirm entworfen; in dem so entstandenen beleuchteten Felde auf dem Projektionsschirm sind die durch die Spalte durchgelassenen Spektralfarben wieder vereinigt zu der gewünschten Mischung.

Diese bekannte Versuchsaufstellung ist nun in folgender Weise vervollkommenet worden:

1. Statt des Kondensors wird zur Konzentration des Bogenlichtes auf dem Spalt eine Zylinderlinse genommen, die

Zylinderaxe parallel zur Längsrichtung des Spaltes gerichtet, weil so eine überall gleichmässige Beleuchtung des Bildfeldes auf dem Projektionsschirm garantiert wird. Bei Verwendung der üblichen Kondensorlinsen tritt nämlich leicht ungleichmässige Beleuchtung auf, weil ein wenn auch verwaschenes Bild des Lichtbogens entsteht.

2. Statt des Loches in dem Schirm vor dem Prisma wird eine Irisblende verwendet. Dadurch ist es ermöglicht, die Grösse des Bildfeldes auf dem Projektionsschirm bequem zu variieren, was bei der Demonstration der Mischungen und insbesondere bei der Prüfung auf Farbenanomalien von erheblicher Bedeutung ist. Die Feldgrösse kann ich so bei meiner Versuchsaufstellung bis zu 10 cm Durchmesser erhalten.

3. In dem Schirm, der an dem Orte des objektiven Spektrums aufgestellt wird, habe ich vier Spalte angebracht, ein Paar obere und ein Paar untere Spalte. Die Spalte sind auf vier beliebige Spektralregionen einstellbar; jeder von ihnen kann ausserdem durch eine Mikrometerschraube verschieden breit gestellt werden. Um nun aber nicht bloss ein einziges Bildfeld für die Mischung zu erhalten, sondern um auch Gleichungen von Gemischen beobachten zu lassen, können vor drei Spalte kleine Prismen vorgeschoben werden, so dass das Licht, das durch ein mit Prisma versehenen Spalt geht, eine andere Stelle des Projektionsschirms beleuchtet, als das Licht, das durch einen Spalt ohne Prisma geht. Um ferner auch bei gleichbleibender Spaltbreite die Intensität des von einem Spalte gelieferten Lichtfeldes variieren zu können, ist bei jedem Spalte ein Schieber angebracht, der in der Längsrichtung über den Spalt mehr weniger weit vorgeschoben werden kann, so dass der Spalt mehr weniger abgedeckt wird und dementsprechend mehr weniger Licht zur Beleuchtung des Feldes liefert.

Der Apparat ermöglicht also bei einer Feldgrösse bis zu 10 cm Durchmesser die Vergleichung eines beliebigen homogenen Lichtes mit einem beliebigen anderen homogenen oder mit einer beliebigen Mischung von zwei oder von drei homogenen

Lichtern oder eines beliebigen Gemisches von zwei homogenen Lichtern mit einem solchen von zwei anderen.

Die Prismen sind so gewählt, dass bei der von mir getroffenen Versuchsaufstellung die beiden zur Vergleichung in Betracht kommenden Bildfelder einander berühren, wenn sie 10 cm Durchmesser haben.

4. Das zweite Objektiv ist eine grosse Sammellinse von zwei Dioptrien und von 20 cm Durchmesser. Stellt man sie genügend schräg zur Strahlenrichtung, so rücken die von den einzelnen Komponenten einer Mischung beleuchteten Felder infolge der sphärischen Aberration auseinander: dreht man die Linse alsdann wieder in die Stellung nahezu senkrecht zur Strahlenrichtung, so rücken die Komponenten wieder zur Mischung zusammen. Man kann so in recht anschaulicher Weise demonstrieren, aus welchen Komponenten sich eine Mischung zusammensetzt.

Um die Beobachtung, die im Dunkelzimmer vorgenommen werden muss, doch mit helladaptiertem Auge anzustellen, wird unter dem Projektionsschirm eine Mattglasscheibe aufgestellt, die von hinten her durch Gasglühlichtflammen grell erleuchtet wird und die der Beobachter vor der Beobachtung ansieht. Während der Beobachtung der Bildfelder wird dieselbe verdeckt.

Mit dem Apparat wurden einige Mischungsgleichungen demonstriert; auch wurde die anomale Einstellung der Gleichung eines Rot-Grün-Gemisches mit einem homogenen Licht gezeigt, welche von zwei Rotanomalien und einem Grünanomalien vorgenommen worden waren. Die Beobachtungen, die bei diesem Apparat von allen Anwesenden gleichzeitig vorgenommen werden konnten, ergaben ausserdem, dass unter den Anwesenden noch ein Grünanomaler war.

Der Apparat oder jeder einzelne Teil desselben ist von dem Mechaniker des physiologischen Instituts Herrn Rinck zu beziehen.

## II. Ueber anomale Trichromasie.

Untersuchungen über die spektrale Helligkeitsverteilung, die bei zwei Rotanomalien und bei einem Grünanomalien vorgenommen wurden, ergaben:

Die Helligkeitsverteilung der Rotanomalien ist von demselben Typus, wie die der Protanopen.

Die Helligkeitsverteilung des Grünanomalien ist von demselben Typus, wie die der Deuteranopen.

Diese Beobachtungen zusammen mit den Ergebnissen der Untersuchungen v. Kries' und Nagel's führen zu folgendem System der Formen von normalem und anomalem Farbenempfindungsvermögen (die Blaugelbblindheit bleibt hier zunächst ausgeschlossen):

Hinsichtlich der spektralen Helligkeitsverteilung gibt es drei Typen: der normale, der protanopische und der deuteranopische Typus. Uebergangsformen zwischen diesen Typen scheinen nicht vorzukommen.

Hinsichtlich der Vollkommenheit des Farbenempfindungsvermögens sind innerhalb jedes einzelnen Typus drei Stufen zu unterscheiden, die Achromasie (totale Farbenblindheit), die Dichromasie (Rotgrünblindheit) und die Trichromasie. Der Rotanomale ist der Trichromat vom protanopischen, der Grünanomale ist der Trichromat vom deuteranopischen Typus der Helligkeitsverteilung. Die innerhalb ein und desselben Typus vorkommenden Stufen können je nach der zur Beobachtung verwendeten Netzhautzone oder der Grösse des beobachteten Feldes in ein und demselben Auge nachgewiesen werden. Für den normalen Typus ist dies ja schon lange bekannt, für den deuteranopischen hat das jüngst Nagel bei sich selbst nachgewiesen, für den protanopischen Typus konnte ich es bei einem der von mir beobachteten Fälle nachweisen, welcher sich mit Zunahme der Feldgrösse erst als Achromat, dann als Dichromat und schliesslich als Trichromat erwies.

Das hier gegebene System der Formen von Farbenempfindungsvermögen fügt sich gut in meine Theorie ein; ich komme darauf an anderer Stelle ausführlicher zurück, möchte hier aber noch kurz hervorheben, dass ich die Theorie in einem Punkte auf Grund der neueren Beobachtungen ändern

muss. Für den Grünanomalien hatte ich einen zu stark gedämpften Resonator für mittelwelliges Licht angenommen, derselbe muss also auch bei Deuteranopie vorhanden sein. In diesem Sinne sind meine Erörterungen über den genannten Resonator bei Deuteranopie auf Seite 158 in Pflügers Archiv Bd. 118 zu berichtigen und zu vervollständigen. Mit dieser veränderten Auffassung ist die Tatsache, dass die für den normalen Trichromaten geltenden Gleichheitsbeziehungen auch beim Deuteranopen Geltung haben, ebenfalls vereinbar.

---

Sodann legte Herr F. Richarz die folgende Mitteilung von Herrn Wilhelm Ziegler in Santiago (Chile) vor:

### **Einfluss des Mediums auf die Grösse der elektrodynamischen, magnetischen und elektromagnetischen Kräfte.**

Die Anregung zu dieser Arbeit erhielt ich im S. S. 1900 in Greifswald durch eine Vorlesung über die Maxwell'sche Theorie des Herrn Professor Dr. F. Richarz, dessen 1. Assistent ich in dieser Zeit war. Leider verzögerte sich die Veröffentlichung derselben bis jetzt durch meine Uebersiedelung an die Technische Hochschule-Dresden und von dort an die Universität Santiago (Chile), wo ich mir zunächst erst ein Laboratorium einrichten musste.

#### **A. Grundlegende Auseinandersetzungen.**

Wesentlich unterscheidend von allen vorhergehenden und gleichzeitigen Vorstellungskreisen war bei Faraday und Maxwell die Elimination jeder unvermittelten Fernwirkung aus der Theorie der Elektrizität und des Magnetismus. Nach ihnen konnte sich eine Wirkung nur dann an einem Orte geltend machen, wenn sie von Stelle zu Stelle weitergegeben, von Teilchen zu Teilchen von ihrem Ursprungsort nach einer anderen Stelle des Raumes hin vermittelt worden war. Die Vorstellung, dass alle Wirkungen durch Nahwirkungen vermittelt werden, liess Faraday die Eigenschaften des Zwischenmediums selbst suchen und finden. Namentlich waren es die von ihm studierten magnetischen und dielektrischen Polarisationen, welche das Fundament für jene Entwicklungen abgaben, mit denen Maxwell seine Untersuchungen beginnt und welche ihn zu ungeahnten und überraschenden Resultaten

führten. Sie liessen erkennen, dass sich periodische Störungen des elektromagnetischen Gleichgewichts nach geometrisch analogen Gesetzen verbreiten müssten wie die Lichtschwingungen, was auch durch die glänzenden Versuche von H. Hertz seine Bestätigung fand. Ausserdem zeigte sich, dass infolge des Einflusses des Mediums fast alle bereits bekannten Gesetze über die pondero- und elektromotorischen Wirkungen, seien sie elektrostatischer, magnetischer, elektrodynamischer oder induktiver Natur, durch einen das Zwischenmedium charakterisierenden Faktor ergänzt werden mussten, welche in bezug auf die elektrischen Eigenschaften die Dielektrizitätskonstante, in bezug auf magnetische Eigenschaften Dimagnetisierungskonstante (letztere Bezeichnung nach Quincke) genannt worden ist.

Während nun bereits seit langer Zeit der elektrische Einfluss des Mediums auch experimentell bestätigt, und gezeigt worden ist, dass die experimentellen Resultate mit den theoretisch abgeleiteten Gesetzen quantitativ gut übereinstimmen, liegen derartige Untersuchungen zur Bestätigung des magnetischen Einflusses des Mediums bislang noch nicht vor. Der Hauptgrund hierfür liegt wohl darin, dass die magnetischen Eigenschaften der flüssigen und gasförmigen Körper, in welchen die Wirkungen magnetischer Kräfte beobachtet werden müssten, sich nur sehr wenig von einander unterscheiden, während in bezug auf die elektrischen Eigenschaften grosse Verschiedenheiten vorhanden sind, und infolge dessen eine deutliche Differenz der Kraftwirkung z. B. zweier geladener Kugeln in den verschiedenen Medien nachgewiesen werden konnte.

Im folgenden soll nun gezeigt werden, wie es möglich ist, auch den magnetischen Einfluss des Mediums experimentell zu bestätigen und zwar soll untersucht werden der Einfluss des Mediums:

- I. auf die elektrodynamische Kraft zwischen 2 Stromkreisen,
- II. auf die Kraftwirkung zweier Magnetpole,
- III. auf die elektromagnetische Kraft eines Stromkreises.

Aus der Maxwell'schen Theorie ergibt sich nämlich für diese Kräfte  $F$  bzw. ihr Potential  $\bar{\Phi}$  bzw. die el.-magn. Kraft  $f$  eines Stromelementes die folgenden Ausdrücke in der Bezeichnungsweise von Boltzmann:<sup>1)</sup>

$$\text{I. } \bar{\Phi}_{\text{elektrod.}} = -M \cdot \frac{i i'}{v^2} \iint \frac{ds \cdot ds'}{e} \cos(ds, ds')$$

$$\text{II. } F_{\text{magn.}} = \frac{1}{M} \frac{m m'}{r^2}$$

$$\text{III. } f_{\text{elektromagn.}} = \frac{i ds \sin(\varrho, ds)}{v \varrho^2}$$

worin mit  $M$  die magnetische Permeabilität bezeichnet worden ist. Wir sehen also, dass die elektrodynamische Kraft proportional, die magnetische Kraft zwischen zwei Polen umgekehrt proportional und die elektromagnetische unabhängig von der magnetischen Permeabilität ist. Im folgenden will ich zunächst nur den experimentellen Nachweis für die Abhängigkeit der elektrodynamischen Kraft vom Medium führen und in einer späteren Arbeit die noch ausstehenden Fragen beantworten.

Bevor wir jedoch zu den experimentellen Ausführungen übergehen, wollen wir zunächst noch kurz mittels der von Faraday eingeführten Kraftlinien die obige Abhängigkeit vom Medium klar machen. Bringen wir in ein ausgedehntes homogenes magnetisierbares Medium ein stromdurchflossenes Solenoid, so wird das Medium polarisiert; es wird im Innern desselben ein magnetisches Feld erzeugt, dessen Kraftliniendichte  $\mathfrak{B} = \mu \mathfrak{H}$  ist, wenn wir mit  $\mu$  die magnetische Permeabilität und mit  $\mathfrak{H}$  die Feldstärke bezeichnen. Ein derartiges nahezu homogenes Feld bildet sich auch aus zwischen

---

1) Boltzmann: Vorlesungen über Maxwells Theorie der Elektrizität und des Lichtes. Leipzig 1898, Bd. II, pag. 109, 98, 102.

den stromdurchflossenen Drahtspulen I und II. (Fig. 1.)  
 Bringen wir nun in dasselbe eine beweglich aufgehängte  
 Spule, deren Axe senkrecht steht auf der gemeinsamen von  
 I und II, so wird dieselbe, sobald ein Strom hindurchfließt,  
 abgelenkt. Ist  $Q$  ihre Windungsfläche,  $\alpha$  der Ablenkungs-  
 winkel, so durchsetzen, Homogenität des Feldes ange-  
 nommen, das Innere der Spule:  $Z = Q \mu \mathfrak{H} \cdot \sin \alpha$  Kraft-  
 linien. Die Arbeit der elektrodynamischen Kräfte bei Drehung  
 der Spule um  $\delta \alpha$  ist proportional  $\delta Z = Q \cdot \mu \mathfrak{H} \cos \alpha \cdot \delta \alpha$ .  
 Also ist das Drehmoment, welches auf die Spule wirkt,  
 gleich  $\mathfrak{B} \cos \alpha$  multipliziert mit einer Konstanten  $C$ ; diesem  
 Moment entgegen wirkt das Torsionsmoment  $T \alpha$ . Wir kom-  
 pensieren von vorneherein das Erdfeld durch das Feld eines  
 Elektromagneten. Unter dem Einflusse der beiden wirksamen  
 Momente der Torsion und der elektrodynamischen Kraft muss  
 das bewegliche System in einer gewissen Lage zur Ruhe  
 kommen. Wir finden den Winkel, welcher die Axe der be-  
 weglichen Spule in der abgelenkten Lage mit der ursprüng-  
 lichen Gleichgewichtslage bildet, durch die Gleichung

$$T \cdot \alpha = C \mu \mathfrak{H} \cos \alpha$$

und indem wir nur kleine Winkel in Betracht ziehen, können wir

$$\cos \alpha = 1 \text{ setzen, so dass } \alpha = \mu C_1 \text{ wird, worin } C_1 = \frac{C \mathfrak{H}}{T}$$

ist. Beobachten wir nun unter denselben Bedingungen, ins-  
 besondere denselben Stromstärken die Ablenkungen in zwei  
 verschiedenen Medien; deren magnetische Permeabilitäten  
 seien  $\mu_1$  und  $\mu_2$ ; dann erhalten wir, da die von den festen  
 Spulen I und II erzeugten Feldstärken unabhängig sind von  $\mu$ :

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2} \text{ oder, da die elektrodynamischen Kräfte } F_1 \text{ und } F_2$$

den Ausschlagwinkeln proportional sind:  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$  d. h. die  
 elektrodynamischen Kräfte sind den Permeabilitäten pro-

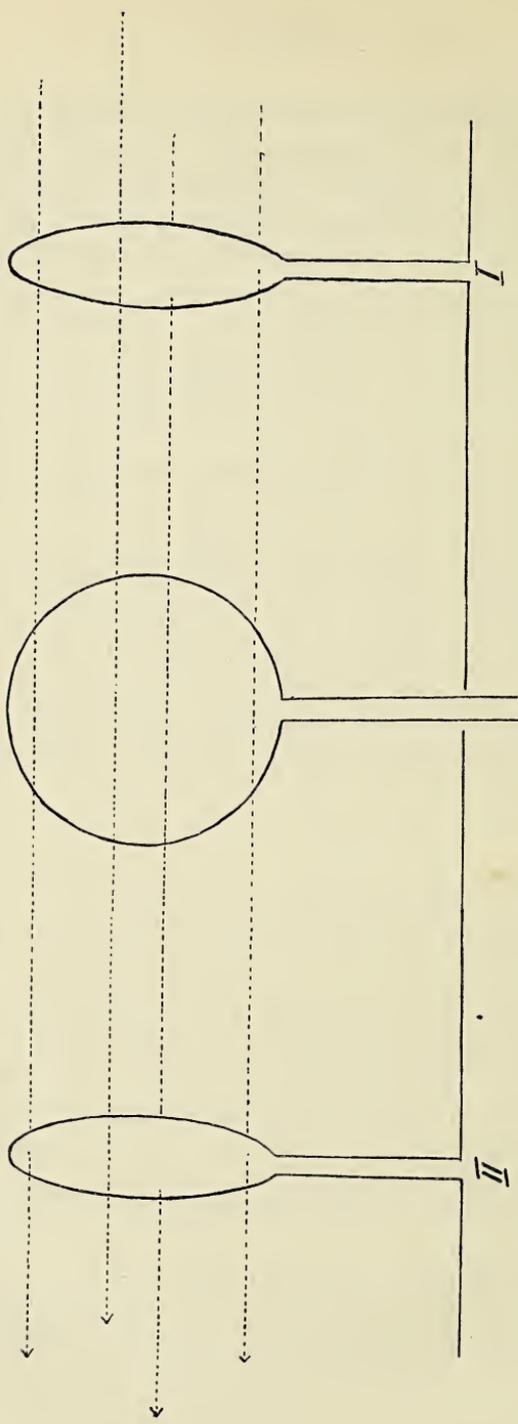


Fig. 1

portional. Indem wir als das zweite Medium Luft nehmen, deren Permeabilität  $\mu_2 = 1$  ist, erhalten wir

$$F_1 = \mu F_2 \text{ oder } \alpha_1 = \mu_1 \alpha_2$$

d. h. wir haben den experimentellen Beweis für die Abhängigkeit der elektrodynamischen Kraft vom Medium erbracht, wenn wir die in einem Medium von der Permeabilität  $\mu$  und in Luft beobachteten Ablenkungen durch einander dividieren und den Wert dieses Bruches gleich  $\mu$  finden.

### **B. Das Medium:**

Wie bereits in der Einleitung erwähnt wurde, bestand eine Hauptschwierigkeit in der Beschaffung eines Mediums, welches eine merklich verschiedene Permeabilität von Luft besitzt. Da von reinen Gasen und Flüssigkeiten aus diesem Grunde kein einziges benutzt werden konnte, so musste künstlich ein solches Medium hergestellt werden. Auf Vorschlag des Herrn Prof. Richarz wurde zunächst eine Mischung von Glycerin und Seife genommen und darin feines durch Wasserstoff reduziertes Eisenpulver<sup>1)</sup> suspendiert. Durch tüchtiges Umrühren konnte man eine vollkommen gleichmässige Verteilung des Eisens erzielen, und die Zähigkeit dieser Mischung war auch gross genug, um die Eisenteilchen in ihrer Lage festzuhalten und so einen konstanten Zustand für längere Zeit zu erhalten. Jedoch bei den Versuchen in dieser Suspension die Ablenkung einer Drahtspule oder eines Magneten zu beobachten, stellte sich heraus, dass diese Flüssigkeit zu zähe war, um einigermassen konstante Ausschläge zu erzielen. Es wurde daher reines Glycerin genommen und darin direkt Eisenpulver suspendiert. Um eine Vorstellung davon zu bekommen, wie lange eine solche Suspension konstant bliebe, wurden von 5 zu 5 Minuten gleiche Mengen und zwar vom Boden und von oben gewogen. Durch diese Bestimmungen

---

1) Bezogen von Dr. Paul Lohmann, Fabrik pharmaceutischer Eisenpräparate in Hameln a. d. Weser.

ergab sich, dass der Zustand sich im Laufe einer  $\frac{1}{4}$  Stunde kaum änderte, und dass ferner durch erneutes tüchtiges Umrühren der alte Zustand leicht wieder hergestellt werden konnte. Für die definitiven Versuche wurden nun zwei Suspensionen verschiedener Konzentrationen hergestellt. Aus folgenden Daten kann man sich leicht eine Vorstellung von dem Grade der Konzentrationen machen. Eine Pyknometerflasche von 250 ccm Inhalt wog leer 75,24 g; mit der Suspension I gefüllt 395,02 g; mit der Suspension II 399,77 g und mit reinem Glycerin 392,81 g; so dass sich in 1 ccm der Suspension I 0,00884 g Fe und in der II 0,02784 g befanden und die Dichtigkeiten 1,279 resp. 1,298 betragen, während die Dichtigkeit des Glycerins bei  $18^{\circ}$  gleich 1,232 war. —

Da es sich in diesem Falle nicht um ein homogenes Medium handelte, musste zunächst die Frage erörtert werden, ob auch auf diese Suspension dieselben Methoden angewendet werden könnten, welche dazu dienen, die magnetischen Eigenschaften eines Mediums zu untersuchen. Derartige Untersuchungen liegen bereits vor von verschiedenen Physikern wie Börnstein<sup>1)</sup>, welcher Gemenge von Eisen, Nickel und Kobaltpulver mit Tonerde auf seine magnetischen Eigenschaften untersucht hat; Coulomb<sup>2)</sup> nahm eine Mischung von Eisenfeilspähnen mit Wachs, A. Toepler und von Ettingshausen<sup>3)</sup> stellten Gemische von Eisenpulver und Fetten her, jedoch die ausführlichste Behandlung dieser Frage verdanken wir Auerbach<sup>4)</sup>, welcher Gemische von feinem Holz- und reduziertem Eisenpulver untersuchte, deren Dichtigkeit er variierte. Es ergab sich, dass die Zunahme des temporären Magnetismus von Eisenpulvern mit ihrer Dichtigkeit unter

---

1) Poggend. Annalen 154 p. 336, 1875.

2) G. Wiedemann, Galvanismus 2 p. 420.

3) Poggend. Annalen 160 p. 1, 1877.

4) Wiedemanns Annalen 11 p. 359, 1880.

sonst gleichen Umständen durchaus keine gleichförmige ist; vielmehr nimmt der Magnetismus für kleinere Dichtigkeiten stark, für mittlere schwach und für grössere wiederum stark zu. Sodann fragte sich Auerbach, ob bei pulverförmigem Eisen derselbe Einfluss der magnetisierenden Kraft auf den temporären Magnetismus der Pulver wie beim konsistenten bestünde und es ergab sich, dass auch bei pulverförmigen Körpern die Magnetisierung für sehr kleine Kräfte proportional, für grössere schneller und für noch grössere langsamer wächst. Also steigt die Magnetisierbarkeit bis zu einem Maximum und nimmt dann wieder ab. Da nach diesen Versuchen von Auerbach auch für unsere Suspensionen eine Abhängigkeit der magnetischen Permeabilität von der magnetisierenden Kraft zu erwarten war, so wurde die Magnetisierungskurve für die beiden Medien bestimmt mittels der ballistischen Methode.

Eine 76,5 cm lange Glasröhre von 3,02 cm lichter Weite wurde gleichmässig mit Draht umwickelt, so dass die Windungszahl pro cm gleich 6,489 war. Auf die Mitte dieser Spule wurde eine Sekundärspule mit 1000 Windungen geschoben, deren Widerstand gleich 221  $\Omega$  war und deren Enden über einen Rheostaten mit einem Deprez — d' Arsonval Instrumente verbunden waren. Der Primärstrom wurde kommutiert und mittels eines Präzisionsampèremeters von Siemens und Halske gemessen, indem er zugleich durch einen passenden Abteilungswiderstand von 2—9 Amp. gesteigert werden konnte. Zunächst wurde eine Reihe zusammengehöriger Werte für die Primärstromstärke und Ablenkungen bestimmt, während die Glasröhre mit Luft oder Glycerin gefüllt war, wobei sich dieselben Werte ergaben, und dann in derselben Weise die entsprechenden Werte für die beiden Suspensionen. Aus diesen Ablenkungen kann man dann auf einfache Weise die magnetische Permeabilität  $\mu$  erhalten, wie folgende Betrachtung zeigt. Bezeichnen wir durch  $H$  die Intensität des magnetischen Feldes im zentralen Teil der Röhre, so ist die Gesamtzahl der In-

duktionslinien, welche durch den Querschnitt  $q$  gehen, wenn wir die Luft durch ein magnetisches Medium von der Permeabilität  $\mu$  ersetzen

$$\int dN = \mu q H.$$

Nun erzeugen diese Induktionslinien in der Sekundärspule von  $z$  Windungen eine elektromotorische Kraft

$$V_{ind} = 10^{-8} \cdot z \cdot \frac{dN}{dt} \text{ oder}$$

$$\int V_{ind} \cdot dt = 10^{-8} \cdot z \cdot \int dN$$

Da nun nach dem Ohm'schen Gesetze  $V = wi$  und ferner  $\int dN = \mu q \cdot H$  ist, so haben wir:

$$w \int i dt = 10^{-8} z q H \mu$$

wobei  $w$  den Widerstand des Sekundärkreises bedeutet.  $\int i dt$  stellt die gesamte Elektrizitätsmenge  $Q_\mu$  dar, welche durch das Galvanometer fließt, folglich haben wir

$$w Q_\mu = 10^{-8} z q H \mu$$

und da bei einem Deprez — d' Arsonval Instrumente  $Q_\mu = C \alpha_\mu$  ist, d. h. gleich der ballistischen Konstante multipliziert mit dem Ablenkungswinkel, welche es erfährt durch die hindurch geflossene Elektrizitätsmenge, so ist für die beiden Medien Luft und Suspension:

$$\frac{Q_\mu}{Q_e} = \frac{C \alpha_\mu}{C \alpha_e},$$

ausserdem folgt aus der obigen Gleichung für  $Q$  die Proportion:

$$\frac{Q_\mu}{Q_e} = \frac{\mu}{1}, \text{ so dass } \underline{\underline{\mu = \frac{\alpha_\mu}{\alpha_e}}} \text{ wird.}$$

Wir brauchen also zur Bestimmung von  $\mu$  nur die beiden Ablenkungen  $\alpha_\mu$  und  $\alpha_e$  zu kennen für dieselbe primäre Stromstärke. Auf diese Weise wurden die in den folgenden Tabellen enthaltenen Werte für  $\mu$  bestimmt und zugleich noch die entsprechenden Werte von  $H$  berechnet, um eine Übersicht über den Zusammenhang dieser beiden Grössen zu geben.

**Suspension I.**

Stromstärke <i>i</i> Amp.	Feldstärke <i>H</i>	Ablenkung		$\mu I$
		Luft	Suspension	
2,41	19,65	254	258	1,0158
3,43	27,96	362	369	1,0191
4,32	35,22	460	470	1,0218
5,40	44,02	569	584	1,0263
<u>6,45</u>	52,57	685	704	<u>1,0277</u>
7,40	60,31	784	805	1,0268
8,40	68,46	891	914	1,0258

**Suspension II.**

Stromstärke <i>i</i> Amp.	Feldstärke <i>H</i>	Ablenkung		$\mu II$
		Luft	Suspension	
2,50	20,37	262	268	1,0229
3,20	26,08	338	348	1,0296
<u>4,20</u>	34,20	446	463	<u>1,0381</u>
5,40	44,01	576	596	1,0347
6,30	51,35	674	696	1,0326
7,40	60,31	796	820	1,0301

Wir sehen, dass auch bei diesen Suspensionen die magnetische Permeabilität eine Funktion der magnetisierenden Kraft ist, und dass sie zunächst mit  $H$  zunimmt bis zu einem Maximum und dann wieder langsam abnimmt; ausserdem wird

bei der Suspension II von grösserer Dichtigkeit das Maximum bei einer geringeren Feldstärke erreicht.

### C. Vorversuche:

Bei den ersten Versuchen wurde ein Solenoid bifilar aufgehängt, wobei die Aufhängedrähte zugleich als Stromzu- und -abführung dienten; darauf wirkte dann eine zweite feste Spule. Es stellte sich jedoch heraus, dass die bifilare Aufhängung für derartige Versuche durch die unifilare ersetzt werden musste, da bei ersterer das Drehungsmoment sehr wesentlich von der Belastung abhängig ist und man infolgedessen schon beim Eintauchen in Flüssigkeiten verschiedener Dichtigkeit durch den Auftrieb Differenzen der Ausschläge bekommen musste.

Da nun das Drehungsmoment eine Funktion der Dichtigkeit der Flüssigkeit ist, in welcher sich die Spule dreht und ausserdem proportional dem Ablenkungswinkel ist, so lässt sich auf einen solchen Apparat eine neue Methode der Dichtebestimmungen von Flüssigkeiten gründen, welche grundverschieden von den übrigen Methoden und in der Einfachheit keineswegs gegen die bereits bekannten zurücksteht. Wir können nämlich die ganze Bestimmung auf die Beobachtung von 3 Ablenkungen zurückführen, wie die folgende Auseinandersetzung zeigt.

Nach F. Kohlrausch <sup>1)</sup> ist die Direktionskraft einer bifilaren Aufhängung:

$$D = m g \frac{e_1 e_2}{4l} + \frac{2\pi}{5} e^4 \frac{E g}{l}$$

worin  $e_1$  und  $e_2$  den Abstand der Aufhängedrähte oben und unten,  $l$  ihre mittlere Länge,  $m$  die Masse des Solenoids,

---

1) Wied. Annalen 17, p. 737, 1882.

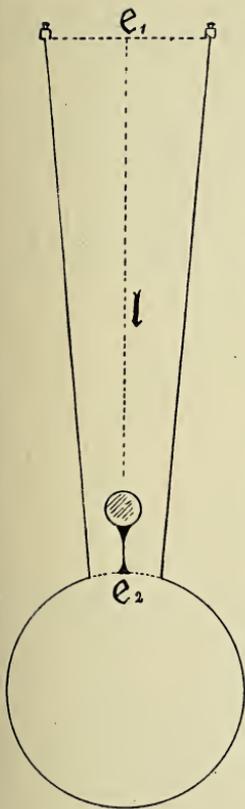


Fig. 2

$E$  den Elastizitätsmodul,  $\varrho$  den Radius der Drähte und  $g$  die Schwerebeschleunigung bedeuten. Ferner ist die Bewegungsgleichung eines bifilar aufgehängten Solenoids, dessen Axe  $\perp$  zum magnetischen Meridian steht, und auf welches ein festes Solenoid wirkt, dessen Axe  $H$  zum magnetischen Meridian steht:

$$\Sigma m r^2 \cdot \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = S \cdot r \cos \varphi - D \sin \varphi$$

worin das erste Glied auf der rechten Seite das von dem festen Solenoid und Erdmagnetismus herrührende Drehungsmoment darstellt. In gewisser Lage kommt das System zur Ruhe, d. h.

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = 0 \text{ und } \operatorname{tg} \varphi = \frac{S \cdot r}{D}$$

oder bei kleinen Winkeln

$$\varphi = \frac{S \cdot r}{D} \text{ oder } D = \frac{S \cdot r}{\varphi}$$

Setzen wir den Wert für  $D$  ein, wenn der Körper sich in Luft befindet, so erhalten wir:

$$D_{\text{Luft}} = (m - v \lambda) g \cdot \frac{e_1 \cdot e_2}{4 l} + \frac{2 \pi}{5} \varrho^4 \frac{E g}{l} = \frac{S \cdot r}{\varphi_{\text{Luft}}}$$

In Wasser und in der Flüssigkeit, deren Dichtigkeit wir bestimmen wollen, erhalten wir:

$$D_{\text{Wasser}} = (m - v \sigma) g \frac{e_1 e_2}{4 l} + \frac{2 \pi}{5} \varrho^4 \frac{E g}{l} = \frac{S \cdot r}{\varphi_{\text{Wasser}}}$$

$$D_{\text{Flüssigkeit}} = (m - v x) g \frac{e_1 e_2}{4l} + \frac{2\pi}{5} \varrho^4 \frac{E g}{l} = \frac{S \cdot r}{\varphi_{\text{Flüssigkeit}}} \text{ oder}$$

$$D_L - D_{Fl} = v (x - \lambda) \cdot \frac{e_1 e_2}{4l} \cdot g = S \cdot r \cdot \left( \frac{1}{\varphi_L} - \frac{1}{\varphi_{Fl}} \right)$$

$$D_L - D_W = v (\sigma - \lambda) \cdot \frac{e_1 e_2}{4l} \cdot g = S \cdot r \cdot \left( \frac{1}{\varphi_L} - \frac{1}{\varphi_W} \right)$$

$$\frac{x - \lambda}{\sigma - \lambda} = \frac{\frac{1}{\varphi_L} - \frac{1}{\varphi_{Fl}}}{\frac{1}{\varphi_L} - \frac{1}{\varphi_W}}$$

$$\underline{\underline{x = \frac{\varphi_{Fl} - \varphi_L}{\varphi_W - \varphi_L} \cdot \frac{\varphi_W}{\varphi_{Fl}} (\sigma - \lambda) + \lambda}}$$

Wir sehen also, dass zur Bestimmung der Dichtigkeit nur die Beobachtung von 3 Ablenkungen nötig ist und ausserdem die Kenntnis der Dichtigkeiten des Wassers und der Luft analog der Methode der Wägungen, und da diese 3 Ablesungen schneller gemacht werden können als 3 Wägungen, ferner bei einer weiteren Ausarbeitung dieser Methode Fernrohr und Skala fest mit dem Elektrodynamometer verbunden werden könnten, so scheint diese Methode zu einer schnellen Bestimmung sehr geeignet. Noch einfacher wäre, einen permanenten Magneten bifilar aufzuhängen und einen anderen in den 3 Fällen auf ihn ablenkend wirken zu lassen.

Infolge der Abhängigkeit des Drehungsmoments von der Dichtigkeit der Flüssigkeiten wurde die bifilare Aufhängung durch einen einzigen Draht ersetzt, und da weiter befürchtet wurde, dass bei Benutzung dieses Drahts als Stromzuführung infolge der Erwärmung eine Dehnung und damit eine Aenderung des Drehungsmoments stattfinden könnte, wurde

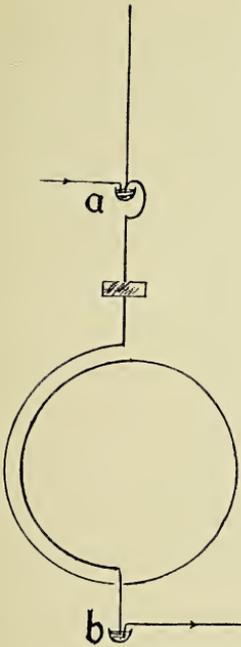


Fig. 3

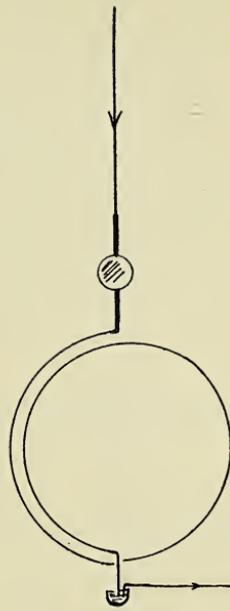


Fig. 4

dem beweglichen Teil die aus Fig. 3 ersichtliche Form gegeben. Bei *a* trat der Strom ein, durchfloss das Solenoid und verliess den Apparat bei *b*. Auch diese Anordnung musste aufgegeben werden, weil der Draht zwischen *a* und Solenoid ziemlich stark sein musste, um eine Durchbiegung nach unten zu vermeiden, andererseits aber dadurch die Kapillarwirkungen an der Stelle der Oberfläche, wo der Draht aus der Flüssigkeit austritt, so gross wurden, dass eine konstante Einstellung nicht zu erlangen war. Es wurde daher auch diese Aufhängung verlassen, durch geeignete Vermehrung der Windungszahl die Stromstärke heruntersetzt und dann der Aufhängedraht als Stromzuführung benutzt und auf diesem direkt der Spiegel angebracht. (Fig. 4.) Um noch möglichst frei von elastischen Nachwirkungen zu sein, wurde der zur Aufhängung benutzte *Cu*-Draht erst gegläht.

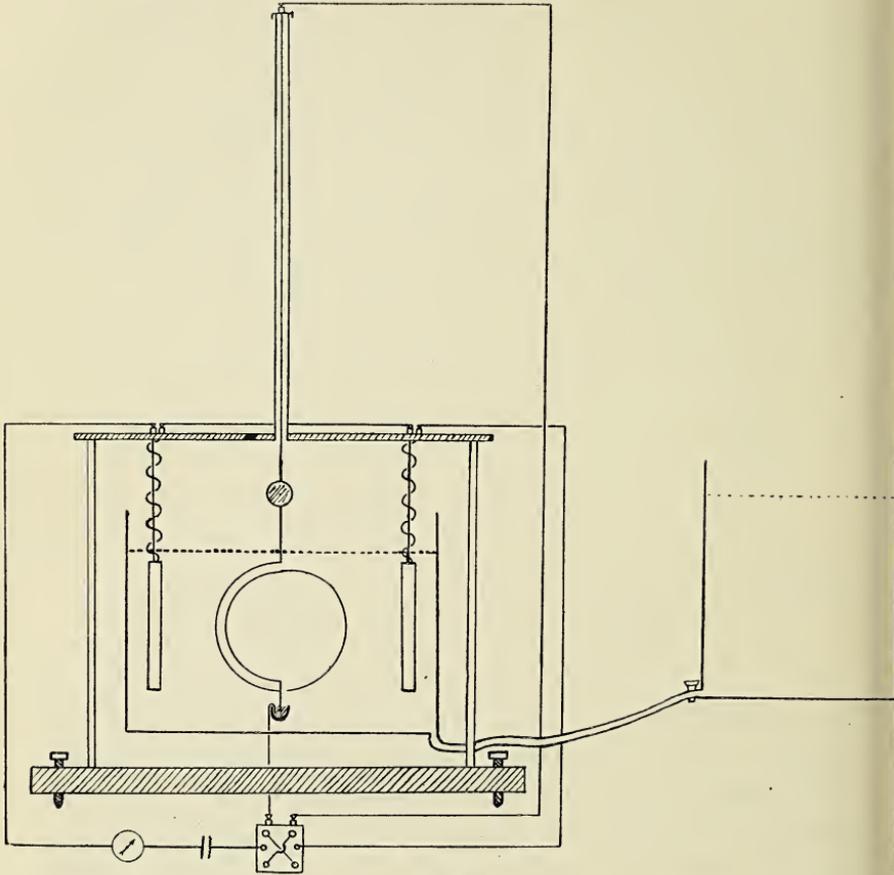


Fig. 5

**D. Definitive Methode und Resultate.**

Der Apparat, welcher zu den definitiven Versuchen benutzt wurde, war folgendermassen beschaffen. (Fig. 5.) Auf einem festen Brette, welches zur Horizontierung auf drei Schrauben ruhte, erhoben sich 4 Messingröhren von 35 cm Länge, welche eine Hartgummiplatte trugen. In der Mitte derselben befand sich eine kreisförmige Oeffnung, auf welche eine Glasröhre von 45 cm Länge gesetzt wurde, die oben durch einen Torsionskopf verschlossen war. Der übrige Teil wurde nach Art

eines Elektrodynamometers konstruiert. Mittels eines 50 cm langen *Cu*-Drahts von 0,25 mm Dicke wurde ein Solenoid beweglich aufgehängt, dessen Windungszahl gleich 100 war, und dessen innerer und äusserer Durchmesser bezw. 3,0 und 5,5 cm betragen. Das andere Ende des Solenoids endigte in eine *Pt*-Spitze, welche in ein Gefässchen mit *Hg* tauchte. Diese bewegliche Spule befand sich zwischen 2 festen Rollen, deren Abstand mittels einer Schlittenvorrichtung variiert werden konnte, und von denen jede 300 Windungen zählte; der innere und äussere Durchmesser betragen 5,5 und 8,0 cm. Sämtliche Spulen wurden gut isoliert durch Schellack und Paraffin. Im Hauptstromkreise befanden sich die beiden festen Rollen, ein Präzisionsampèremeter und ein Kommutator, dessen zweites Schraubenpaar mit dem Ende des Aufhänge-drahts und mit dem Quecksilbergefäss verbunden war, sodass die Ablenkungen nach beiden Seiten beobachtet werden konnten. Zur Beobachtung der Ausschläge wurden sämtliche Spulen in ein Zinkgefäss getaucht von 20 cm Länge, 15 cm Breite und 12 cm Höhe, welches zwei Stützen trug, wodurch es mittels Schläuche abwechselnd mit 3 grossen Gefässen verbunden werden konnten, von denen das eine reines Glyzerin und die andern die beiden Suspensionen enthielten. Es wurde stets zuerst der Ausschlag in reinem Glyzerin beobachtet und zwar links und rechts durch Kommutation des Stromes in der beweglichen Rolle. Dann wurde das Glyzerin durch eine Suspension ersetzt und abermals eine Reihe von Beobachtungen angestellt. Dabei wurde jedesmal vor dem Einfüllen der Suspension letztere tüchtig umgerührt, um gleichmässige Verteilung der Eisenteilchen zu erzielen, und da die Versuche höchstens 10 Minuten dauerten, so war die Konstanz der Dichtigkeit hinlänglich vorhanden. Sodann wurde der ganze Apparat gereinigt und dieselbe Versuchsreihe wiederholt. Um die eventuellen Unsicherheiten zu untersuchen, welche durch das Ein- und Ausfliessenlassen der Flüssigkeiten bei den einzelnen Ablenkungen eintreten könnten, wurde

abwechselnd Flüssigkeit eingefüllt, beobachtet, das Gefäss geleert und dann abermals beobachtet; dabei zeigten sich nur kleine Verschiebungen des Nullpunktes und ausserdem Unabhängigkeit des Drehungsmoments vom Auftrieb. Da die Gesetze eigentlich nur für ein unendlich ausgedehntes Medium gelten, so musste ebenfalls untersucht werden, ob das bei den Versuchen benutzte begrenzte Medium bereits denselben Effekt hervorbringe, wie ein unbegrenztes, und da diese Frage mathematisch umständlich zu behandeln ist, so wurde sie auf experimentellem Wege zu lösen gesucht, indem man ein Gefäss von doppelten Dimensionen nahm, wobei jedoch kein Unterschied konstatiert werden konnte. Um den Einfluss des erdmagnetischen Feldes zu eliminieren, wurde in einem Abstände von ca. 1 m ein grosser Elektromagnet aufgestellt und durch Regulierung des Stromes in dem vom Apparate eingenommenen Raume ein Feld erzeugt, welches gleich und entgegengesetzt dem Erdfelde war.

Die Versuche für die Suspension I ergaben:

Nulllage	Ablenkungen		Total- ablenkung	
	links	rechts		
501,5	113	862	749	} in Glycerin = 749 Skalen- teilen
501	113	862	749	
501	113	862	749	
501	113	862	749	
498	104	869	765	} in Suspension I = 765 Skalenteilen
498	104	869	765	
498	104	869	765	
499	105	870	765	

$$\mu_I = \frac{765}{749} = 1,0213$$

Suspension II.

Nulllage	Ablenkungen		Total- ablenkung	
	links	rechts		
499	112	860	748	} in Glycerin = 748 Skalen- teilen
499	112	860	748	
500	113	861	748	
500	113	861	748	
500	113	861	748	
498	98	874	776	} in Suspension I = 776,1 Skalenteilen
498	98	874	776	
499	99	875	776	
499	98,5	875	776,5	
499	99	875	776	

$$\mu_{II} = \frac{776,1}{748} = 1,0375$$

Diese Versuche wurden mehrfach wiederholt und als Mittelwert erhalten  $\mu_I = 1,0212$  und  $\mu_{II} = 1,0374$  oder vorher auf Winkel reduziert bei einem Skalenabstande von 2 m  $\mu_I = 1,0207$  und  $\mu_{II} = 1,0365$ . Um nun noch zu beweisen, dass die so erhaltenen Werte für  $\mu$  mit denjenigen der Tabellen auf Seite 229 übereinstimmen, musste das Feld zwischen den beiden festen Spulen des Apparats bestimmt werden. Zu diesem Zwecke wurde eine Spule von 1000 Windungen, deren Widerstand =  $221 \Omega$  war, zwischen die beiden festen Rollen gebracht und deren Enden mit einem Deprez — d' Arsonval Galvanometer verbunden. Sodann wurde derselbe Strom = 0,5 Amp, welcher bei den Versuchen benutzt worden war, durch die festen Rollen geschickt und die dadurch verursachte Ab-

lenkung des Galvanometers gemessen. Es ergaben sich als Mittelwert 174 Skalenteile. Nach der auf Seite 8 entwickelten Gleichung

$$w \cdot C \alpha = 10^{-8} z H \cdot q$$

erhalten wir dann die Feldstärke

$$H = \frac{w \cdot C \cdot \alpha \cdot 10^8}{z \cdot q}$$

Die ballistische Konstante  $C$  wurde mit Hülfe eines Etalons des Induktionsflusses von Hartmann und Braun bestimmt, dessen Feldstärke  $H_n = 5,2725 \cdot i$  und dessen Querschnitt  $q = 10,038$  qcm war, wofür sich ergab

$$C = \frac{z \cdot H_n \cdot q}{10^8 \cdot w \cdot \alpha} = \frac{1000 \cdot 5,2725 \cdot 2 \cdot 10,038}{10^8 \cdot 771 \cdot 56} = 2,450 \cdot 10^{-8}$$

Aus mehreren Bestimmungen ergab sich der Mittelwert

$$C = 2,454 \cdot 10^{-8},$$

so dass die Feldstärke zwischen den Spulen

$$H = \frac{771 \cdot 2,454 \cdot 10^{-8} \cdot 174 \cdot 10^8}{1000 \cdot 10,038} = 32,8 [C \cdot G \cdot S] \text{ war.}$$

Suchen wir nun in den Tabellen auf Seite 229 die dieser Feldstärke entsprechenden Werte für  $\mu_I$  und  $\mu_{II}$ , so erhalten wir durch Interpolation  $\mu_I = 1,0209$  und  $\mu_{II} = 1,0366$ , welche fast mit denen durch Anwendung des elektrodynamischen Gesetzes gefundenen Werte identisch sind. Die Uebereinstimmung ist eine so gute, dass ein günstiger Zufall dabei mitgewirkt haben muss, denn die auf S. 223 angenommene Homogenität des Feldes kann nicht vollkommen erfüllt gewesen sein.

Auf jeden Fall können wir behaupten, es sei damit die Proportionalität der elektrodynamischen Kräfte mit der Permeabilität des Zwischenmediums erwiesen.

Santiago de Chile, November 1907.

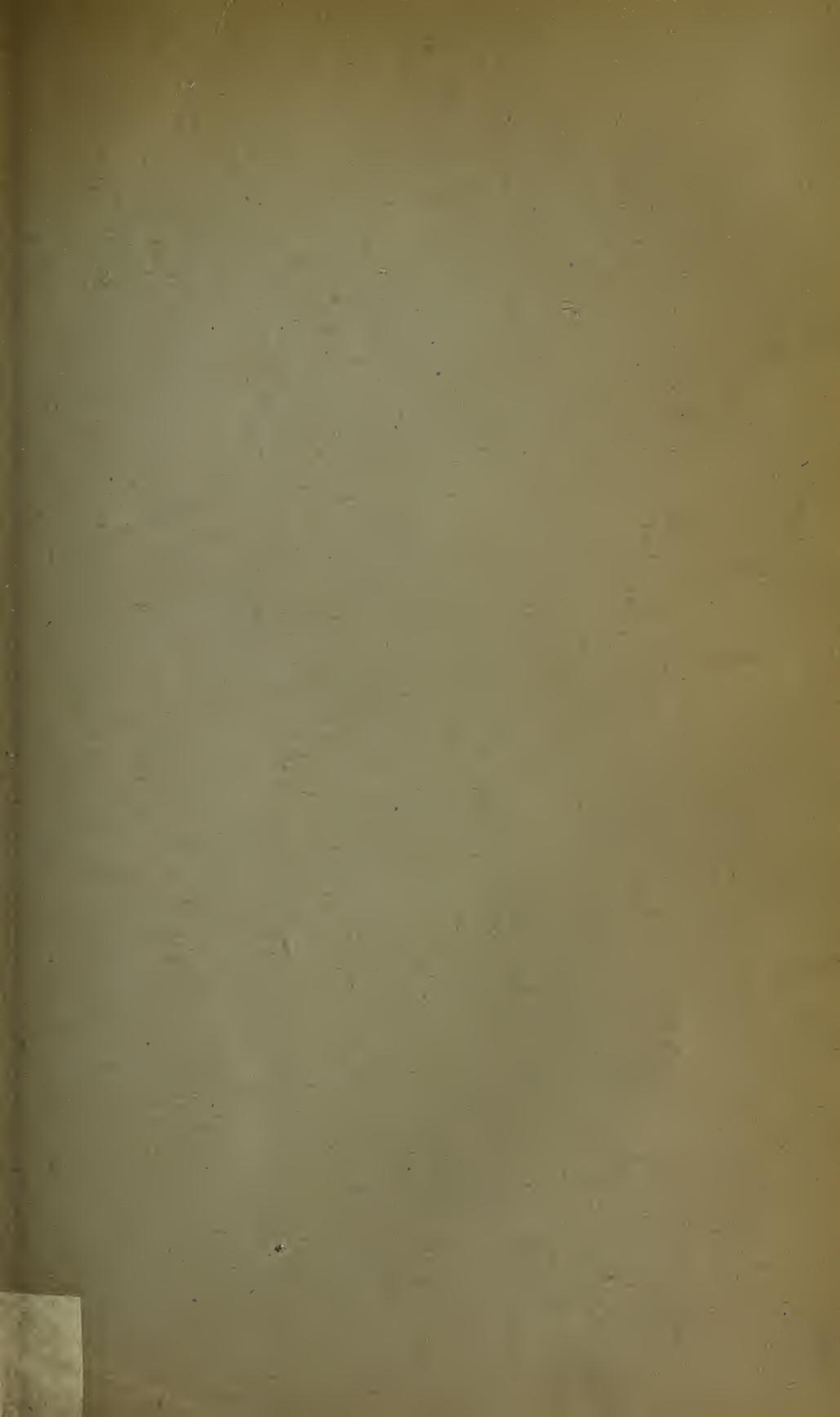
Aufgelegte Schriften:

- Boletin del cuerpo de ingenieros minas del Peru. Nr. 51, 52, 54.  
Acta Universitatis Lundensis. Nova series I. 1905. II. 1906.  
Atti della Reale Accademia dei Lincei 1907, serie. quinta. Rendiconti  
Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali. Vol. 16. fasc. 5—9.  
Rendiconto dell' accademia delle scienze fisiche e matematiche, Napoli  
ser. 3. Vol. XIII. 1907. fasc. 3—7.  
Koninklijke Akademie van wetenschappen te Amsterdam.  
Verslag van de gewone vergaderingen der wio- en natuurkundige  
ofdeeling. Deel XV. 1. u. 2. gedeelte.  
Verhandelingen der Koninklijke Akademie van wetenschappen te Amster-  
dam. 1. sectie. deel IX. Nr. 4. 2. sectie. deel XII. Nr. 1—3.  
Arkiv för Botanik. Bd. 6. Heft 3—4. 1907. Upsala u. Stockholm 1907.  
Arkiv för Zoologi. Bd. 3. Heft 3—4. Upsala u. Stockholm 1907.  
Arkiv för kemi, mineralogi och geologie. Bd. 2. Heft 4—6. Upsala u.  
Stockholm 1907.  
Stavanger Museum. Aarshefte for 1906. 17. Aargang. 1907.  
Jaarboek van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen. gevestigd  
te Amsterdam. 1906.  
Archives der musée Teyler. ser. II. vol. XI. I. partie. 1907.  
Leopoldina. 1907. Nr. 9—11.  
84. Jahres-Bericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische  
Kultur 1906 nebst Ergänzungsheft: Literatur der Landes- und  
Volkskunde der Provinz Schlesien 1904—1906 (von Heinr. Nentwig).  
Schriften der Physikalisch-Oekonomischen Gesellschaft zu Königsberg  
i. Pr. 47. Jahrg. 1906.  
Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel. Bd. 19.  
Heft 2. 1907.  
Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubündens. N. F.  
Bd. 49. 1906/07.  
Bericht der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br. 15. Bd. 1907.  
Mitteilungen des Vereins für Erdkunde zu Halle a. S. 31. Jahrg. 1907.  
Sitzungsbericht und Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Gesell-  
schaft Isis in Dresden. Jahrg. 1907. Januar—Juli.  
Abhandlungen und Bericht LI des Vereins für Naturkunde zu Cassel  
über das 71. Vereinsjahr 1907.  
Zeitschrift für Naturwissenschaften Halle a. S. 79. Bd. 1907. 3. u. 4. Heft.  
Jahresbericht über die Verwaltung des Medizinalwesens, die Kranken-  
anstalten und die öffentliche Gesundheitsverhältnisse der Stadt  
Frankfurt a. M. 48. Jahrg. 1904. Frankfurt 1907.

- Sitzungsbericht des ärztlichen Vereins München. 16. 1906.
- Internationales Centralblatt für die gesamte Tuberkulose-Forschung.  
2. Jahrg. Nr. 1. 1907.
- Bulletin de la société impériale des naturalistes de Moscou. 1906.  
Nr. 3 u. 4.
- Bulletin de l'academie impériale des sciences de St. Petersburg. VI.  
ser. 1907. Nr. 12 und 14—16.
- Nouveaux mémoires de la société impériale des naturalistes de Moscou.  
Bd. 17. 1. Lieferung. 1907.
- Magnetisch en meteorologisch Observatorium. Batavia. Nr. 114.
125. annual report of the bureau of american ethnology. 1903—4.  
Washington 1907.
- Smithsonian Misc. Coll. Vol XLIX Nr. 1717. Washington 1907.
- Bulletin of the Wisconsin natural history society Vol. 5 N. S. Nr. 3.  
Milwaukee. July 1907.
- University Studies, Nebraska, Vol. VII Nr. 3. Lincoln. July 1907.
- Bulletin de la Société Portugaise de Sc. Nat. Vol. I Fasc. 2. Lisbonne.  
October 1907.
- Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College  
Vol. LI Nr. 5, Nr. 6. Cambridge Mass. Oct., Nov. 1907.
- Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences Vol XLII  
Nr. 29. Boston Mass. August 1907. Vol. XLIII Nr. 4, 5, 6,  
Boston Mass. September 1907.
25. Annual Report of the Board of Trustees of the Public Museum.  
Milwaukee. Nov. 1907.
- Bulletin of the University of Kansas Vol. VII Nr. 5. Lawrence Kans.  
March 1907.
- Ohio State University Bulletin Vol. XI Nr. 10, 13, 15. March, May,  
June 1907.
- The American Naturalist Vol. XLI Nr. 489, 490. Boston. October,  
September 1907.
- Bulletin of the New York Public Library Vol. XI Nr. 9, 10, 11. New  
York. September, October, November 1907.
- Transactions of the Wisconsin Academy Vol. XV Part I 1904. Madison 1905.
- Smithsonian Contributions to Knowledge Vol. XXXV Nr. 1718.  
Washington 1907.
- Sitzungsberichte der naturforschenden Gesellschaft zu Leipzig. 33. Jahrg.  
1906. Leipzig 1907.
- Bulletin of the Lloyd Library Nr. 9. Repr. Ser. Nr. 5. Cincinnati 1907.
-









1705 - 1708

# Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten  
Naturwissenschaften

zu

Marburg

Jahrgang 1908.

BUREAU OF  
AMERICAN ETHNOLOGY.  
1909  
LIBRARY

---

MARBURG

Univ.-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch  
1909.

