

8  
133

111313  
Smith

# Sitzungsberichte

33

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesammten  
Naturwissenschaften

zu

**M a r b u r g .**

BUREAU OF  
AMERICAN ETHNOLOGY.  
1906  
LIBRARY.

Jahrgang 1905



Marburg.

R. Friedrich's Universitäts-Buchdruckerei (Inhaber Karl Gleiser).  
1906.



# Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten  
Naturwissenschaften

zu

**M a r b u r g .**

28023

Jahrgang 1905



**Marburg.**

R. Friedrich's Universitäts-Buchdruckerei (Inhaber Karl Gleiser).

1906.

THE  
MUSEUM  
OF  
THE  
CITY OF  
NEW YORK

## Inhalts-Angabe.

	Seite
Herr <i>Schaum</i> : Über die photographische Wirksamkeit des Ozons	1
„ <i>Lohmann</i> : Demonstration einer einfachen Vorrichtung zur Erhaltung der künstlichen Atmung . . . . .	2
„ <i>Lohmann</i> : Bericht über Versuche, die näheren Aufschluss über die Automatie der Brückenfasern des Herzens geben sollen .	2
„ <i>Lohmann</i> : Demonstration eines Kymographions mit electricischem Antrieb . . . . .	3
„ <i>F. Schenk</i> : Über die Entartungsreaction bei ermüdeten Nerv-Muskelpräparaten . . . . .	3
„ <i>Schwantke</i> : Über Verwachsung von monoklinem Augit mit Olivin	14
„ <i>R. Schenk</i> : Studien über die chemischen Vorgänge im Eisenhochofen . . . . .	21
„ <i>Take</i> : Bestimmung von Umwandlungspunkten Heuslerscher Mangan-Aluminiumbronzen . . . . .	35
„ <i>Kiessling</i> : Über weitere Kondensationsversuche . . . . .	49
„ <i>Richarz</i> : Discussion zu diesem Vortrage . . . . .	51
„ <i>Bonhoff</i> : Studien über den Vaccine-Erreger . . . . .	53
„ <i>Kiessling</i> : Über den Zusammenhang zwischen Blitzentladungen und Kondensationsvorgängen in der freien Atmosphäre . . .	67
„ <i>Disse</i> : Über die Vergrößerung der Eikammer bei der Feldmaus	73
„ <i>Bauer</i> : Nachruf für J. Kiessling . . . . .	83
„ <i>Schwantke</i> : Weitere Beobachtungen an dem protogenen basaltischen Augit und über den Bastit . . . . .	84
„ <i>Ochsenius</i> : Über unsere Kalisalze . . . . .	89
„ <i>Richarz</i> : Kondensation in übersättigtem Wasserdampf durch Funkenentladungen . . . . .	92
„ <i>Richarz</i> : Darstellung von Isothermen auf Platten . . . . .	92
„ <i>Richarz</i> : Über den Beweis der Einatomigkeit eines Gases aus der directen Bestimmung seiner Molekularwärme . . . . .	93
„ <i>Bauer</i> : Nachruf für A. von Kölliker . . . . .	97
„ <i>Heusler</i> : Über schmiedbare magnetische Bronzen . . . . .	98
„ <i>Richarz</i> : Über Temperaturabhängigkeit der specifischen Wärme fester Elemente, und über specifische Wärme und specifisches Gewicht ihrer allotropen Modificationen . . . . .	100
„ <i>F. A. Schulze</i> : Zur Veranschaulichung von particulären Integralen der Gleichung $A_{x,y}\varphi = 0$ . . . . .	113
„ <i>Aschoff</i> : Bericht über Untersuchungen des Herrn Dr. Hallenberger, betreffend die Sklerose der Arteria radialis . . . . .	117
„ <i>Schridde</i> : Untersuchungen über die Morphologie der Knochenmarks-Riesenzellen . . . . .	126



# Verzeichniss der Mitglieder\*)

(am Schluss des Jahres 1905).

## Ehrenmitglieder.

<i>Retzius, Gustav</i> , Prof. emerit. der Anatomie, Stockholm . . . . .	18. 1. 99.
<i>Marchand, Felix</i> , Dr. med., o. Prof. der path. Anat., Geh. Med.-Rat, Leipzig . . . . .	9. 1. 01.
<i>Bittorf, 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>Aschoff, Ludwig</i> , o. Prof. d. pathologischen Anatomie . . . . .	17. 6. 03.
<i>Bach, Ludwig</i> , Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie . . . . .	28. 11. 00.
<i>Bauer, Max</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Mineralogie, Geh. Reg.-Rat . . . . .	11. 3. 85.
<i>v. Behring, Emil</i> , Dr. med., o. Prof. d. Hygiene, Wirkl. Geh. Rat . . . . .	15. 5. 95.
<i>Bonhoff, Heinrich</i> , Dr. med., o. Prof. der Hygiene . . . . .	9. 3. 04. (8. 11. 99.)
<i>Disse, Joseph</i> , Dr. med., a.o. Prof. 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>Hensel, Kurt</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik . . . . .	10. 12. 02.
<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>Küster, Ernst</i> , Dr. med., o. Prof. d. Chirurgie, Geh. Med.-Rat . . . . .	4. 11. 91.
<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>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.

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

## VI

<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, 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>Ach, Narciss</i> , Dr. med. et phil., Privatdocent der Philosophie	8. 2. 05.
<i>Brauer, Ludolf</i> , o. Prof. d. Med., Director d. medic. Klinik	14. 12. 04.
<i>v. Dalwigk, Friedrich</i> , Dr. phil., Privatdoc. der Mathematik	9. 5. 00.
<i>v. Drach, Alhard</i> , Dr. phil., a.o. Prof. der Mathematik	11. 7. 66.
<i>Ellenberger, Ernst</i> , Dr. phil., Assistent am chemischen Institut	9. 3. 04.
<i>Fries, Karl</i> , Dr. phil., Assistent am chemischen Institut	9. 3. 04.
<i>Haselhoff, Emil</i> , Dr. phil., Director d. landw. Versuchsstation	11. 2. 03.
<i>Hess, Otto</i> , Dr. med., Privatdoc. d. inn. Med., Oberarzt d. med. Klin.	25. 6. 02.
<i>Hildebrand, Heinrich</i> , a.o. Professor der Medicin	14. 12. 04.
<i>Jahrmärker, Max</i> , Dr. med., Privatdoc., Oberarzt d. psychiatr. Klin.	9. 2. 04.
<i>Jung, Heinrich</i> , Dr. phil., Privatdocent der Mathematik	13. 12. 05.
<i>Küttner, Hermann</i> , Dr. med., a.o. Professor der Chirurgie	2. 8. 05.
<i>Kutscher, Friedrich</i> , Dr. med., Privatdocent der Physiologie	16. 2. 98.
<i>Lohmann, Alfred</i> , Dr. med., Privatdocent der Physiologie	8. 2. 05.
<i>Meisenheimer, Johannes</i> , Dr. phil., Priv.-Doc. der Zoologie	16. 2. 98.
<i>Neide, Ernst</i> , Dr. phil.	13. 1. 04.
<i>Neumann, Ernst</i> , Dr. phil., a.o. Professor der Mathematik	13. 12. 05.
<i>Ochsenius, Carl</i> , Dr. phil., Consul a. D.	28. 6. 77.
<i>Oestreich, Karl</i> , Dr. phil., Privatdocent der Geographie	9. 3. 04.
<i>Opitz, Erich</i> , Dr. med., a.o. Professor der Medicin	13. 1. 04.
<i>Reissert, Arnold</i> , Dr. phil., Privatdocent d. Chemie, Professor	11. 2. 03.
<i>Römer, Paul</i> , Dr. med., Privatdocent der Hygiene, Abteilungsvorsteher am hygienischen Institut	9. 2. 04.
<i>Rupp, Erwin</i> , Dr. phil., Privatdocent der Chemie, Professor, Abteilungsvorsteher am pharmaceut.-chemischen Institut	14. 12. 04.
<i>Schenck, Rudolf</i> , Dr. phil., Priv.-Doc. d. Chemie, Abteilvorst. am chemischen Institut	11. 8. 97.
<i>Schmidt, Carl</i> , Dr. phil., Reg.-Rath a. D.	19. 6. 01.
<i>Schridde, Hermann</i> , Dr. med., Privatdocent der path. Anatomie	13. 12. 05.
<i>Schulze, Franz Arthur</i> , Dr. phil., Privatdocent der Physik	31. 7. 01.
<i>Schwantke, Arthur</i> , Dr. phil., Assistent am mineral. Institut	21. 6. 99.
<i>Seddig, Max</i> , Dr. phil., Assistent am physicalischen Institut	17. 6. 03.
<i>Siebert, Karl</i> , Dr. phil., Chemiker	14. 5. 02.
<i>Straub, Walter</i> , Dr. med., a.o. Professor der Pharmakologie	13. 12. 05.
<i>Tönninges, 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>Wendel, Walther</i> , Dr. med., Privatdocent d. Chirurgie	12. 2. 02.
<i>Zumstein, Jacob</i> , Dr. med., Priv.-Doc. d. Anat., Prof., 2. Prosector	16. 2. 98.

## Auswärtige Mitglieder.\*)

<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, Rudolf</i> , Dr. med., o. Prof. d. Pharmak., Geh. Med.-Rat, Leipzig	20. 5. 81.
<i>Borrmann, Rob.</i> , Dr. med., Priv.-Doc. d. path. Anatomie, Göttingen	(14. 5. 02.)
<i>Brauer, August</i> , Dr. phil., a.o. Professor, Director des natur- historischen 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, Kiel .	(27. 1. 88.)
<i>Buchholz, Albert</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, Dr. phil.</i> , 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>Dreiermann, Fritz</i> , Dr. phil., Frankfurt . . . . .	11. 2. 03.
<i>Enderlen, Eugen</i> , Dr. med., Professor der Chirurgie, Basel	12. 2. 97.
<i>Falk, Ferdinand, August</i> , Dr. med., a.o. Prof. d. Pharmakol., Kiel	28. 4. 75.
<i>Fraenkel, Karl</i> , Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Halle . . .	4. 11. 91.
<i>Fritsch, Paul</i> , Dr. phil., Prof., Berlin . . . . .	(24. 4. 96.)
<i>Fürstenau, Eduard</i> , Dr. phil., Geh. Reg.-Rat, Berlin . . .	(25. 4. 60.)
<i>Gadamer, Johannes</i> , Dr. phil., o. Prof. d. pharmaceut. Chemie, Breslau . . . . .	(9. 3. 98.)
<i>Goebel, Karl</i> , Dr. phil., o. Prof. der Botanik, München . .	27. 1. 88.
<i>Heine, Leopold</i> , Priv.-Doc. der Ophthalmologie, Breslau . .	(18. 1. 99.)
<i>Hermann, Theodor</i> , Dr. phil., Hanau . . . . .	(2. 7. 68.)
<i>Hess, Karl</i> , Dr. med., o. Prof. der Ophthalmol., Würzburg	11. 11. 96.
<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., Strassburg	8. 11. 99.
<i>Küster, Fr. Wilh.</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Chemie, Klausthal .	(26. 7. 93.)
<i>Loewi, Otto</i> , Dr. med., Privatdocent 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. Medicin, München	26. 7. 93.

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

## VIII

<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., Privatdocent, Jena . . . . .	(16. 2. 98.)
<i>Pfannkuch, Wülh.</i> , Dr. med., pract. Arzt, Cassel . . . . .	(17. 1. 72.)
<i>Pfeffer, Wilhelm</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. der Geographie, 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., Hilfsarbeiter am Reichs-Gesundheits- amt, Berlin . . . . .	(16. 2. 98.)
<i>Rubner, Max</i> , Dr. med., o. Prof. der Hygiene, 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.)
<i>Schell, Wilhelm</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik, Geh. Rat, Karlsruhe . . . . .	29. 4. 57. (13. 2. 56.)
<i>Schmidt-Rimpler, Hermann</i> , Dr. med., o. Prof. der Ophthal- mologie, 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>Seemann, John</i> , Dr. med., Privatdoc. d. Physiologie, Giessen	5. 6. 02.
<i>Siemens, Friedrich</i> , Dr. med., Geh. Med.-Rat, Dir. d. Landes- irrenanstalt 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>Study, Eduard</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Mathematik, Greifswald	(14. 3. 90.)
<i>Uthoff, Wilhelm</i> , Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Breslau . . . . .	4. 12. 91.
<i>Weber, Heinrich</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Mathematik, Strassburg	11. 3. 85.
<i>Wernicke, Erich</i> , Dr. med., Prof., Director des hygien. Instituts in Posen . . . . .	16. 2. 98. (10. 2. 97.)
<i>Wüllner, Adolf</i> , Dr. phil., o. Prof. der Physik, Geh. Reg.- 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 gesammten  
Naturwissenschaften

zu

**M a r b u r g.**

---

---

**Nr. 1|2**

**Januar|Februar**

**1905**

---

---

In der ordentlichen Sitzung vom 11. Januar sprach Herr  
Karl Schaum:

## Über die photographische Wirksamkeit des Ozons.

Die von mehreren Forschern beschriebene<sup>1)</sup> und in den letzten Monaten von Herrn W. Braun und mir<sup>2)</sup> eingehend untersuchte photographische Wirksamkeit des Ozons ist von Herrn L. Graetz<sup>3)</sup> unter Bezugnahme auf unsere Ergebnisse bestritten worden. Mit Hilfe einer einfachen Versuchsanordnung kann ich Ihnen hier die Wirksamkeit des Ozons demonstrieren. In den lichtdichten hölzernen Kasten wird die Kasette eingeführt, welche eine zum Teil durch Metall- und Glimmerplättchen vor dem Ozon geschützte Bromsilbergelatineplatte enthält. Nach 5 Minutenlanger Einwirkung des ozonischen Sauerstoffstroms erkennen Sie jetzt beim Hervorrufen mit rotgefärbtem Hydrochinonentwickler, welcher die Benutzung einer Dunkelkammer unnötig macht, deutlich die Schwärzung der vom Ozon getroffenen Stellen.

---

1) Vgl. K. Schaum, Z. f. wissensch. Photogr. II, 427. 1905.

2) Z. f. wissensch. Photogr. II, 285. 1904.

3) Vortrag auf der Breslauer Naturforscher-Versammlung; vgl. Phys. Z. 5, 688. 1904. Siehe dazu F. Richarz, Pys. Z. 6, 1. 1905.

Der Widerspruch zwischen den Ergebnissen des Herrn Graetz und zwischen den unsrigen erklärt sich in einfacher Weise. Die verschiedenen Plattensorten haben eine sehr verschiedene Empfindlichkeit gegen Ozon, die wohl in den Eigenschaften der Gelatine begründet ist. Herr Graetz hat wahrscheinlich zu seinen Versuchen ein sehr unempfindliches Präparat benutzt.<sup>1)</sup>

In der Sitzung vom 8. Februar sprach Herr Lohmann über:  
**Demonstration einer einfachen Vorrichtung zur Unterhaltung  
der künstlichen Atmung.**

Dieselbe besteht kurz in folgendem: Aus einer Sauerstoffbombe mit Reducierventil strömt der Sauerstoff mit mässiger Geschwindigkeit zunächst in ein T-Rohr, dessen zweiter Schenkel mit der Trachea des Versuchstieres verbunden ist. Der dritte Schenkel führt zu einem in einem schmalen Standgefäss stehenden Glasrohr; das Standgefäss ist mit verd. Schwefelsäure halb gefüllt. Der Sauerstoff verdrängt die Schwefelsäure im Glasrohr und drängt sie im Standgefäss empor. Bei einer bestimmten Höhe des Spiegels der Flüssigkeit wird durch dieselbe zwischen zwei Platinblechscheiben ein elektrischer Strom geschlossen. Dieser öffnet mittelst eines Electromagneten ein Ventil, das in die Sauerstoffleitung zwischen T-Rohr und Glasrohr eingeschaltet ist. Dadurch wird rhythmisch der Überdruck abgelassen und die Lunge zum collabieren gebracht. Zahl und Tiefe der Atemzüge ferner die der Expiration entsprechende Drucksenkung sind beliebig verriierbar. Ausführlichere Beschreibung erscheint in Pflügers Archiv.

**Bericht über Versuche, die näheren Aufschluss über die  
Automatie der Brückenfasern des Herzens geben sollen.**

An der Hand von Curven, Figuren und durch Demonstration eines Versuches sollte gezeigt werden, dass die regelmässige Art

1) Näheres berichten wir in der Z. f. wissensch. Photogr., Bd. III.

des Auftretens und Abklingens der Befähigung der Brückenfasern zu automatischen Contractionen durchaus zweckmässig ist. Insbesondere wurde ausgeführt, dass bei künstlicher directer Reizung der Brückenfasern die dann von hier ausgehenden Herzcontractionen vollauf im Stande sind, die Blutcirculation zu unterhalten. Dies wurde nachgewiesen durch Beobachtung der Circulation in der Froschzunge bei gleichzeitiger Reizung der Brückenfasern ferner beim Kaninchen durch Registrierung des Blutdruckes, während das Herz künstlich hervorgerufene von den Brückenfasern ausgehende Contractionen ausführte.

### **Demonstration eines Kymographions mit electricischem Antrieb.**

Die Construction desselben wurde von dem Mechaniker des hiesigen Physiologischen Institutes, Herrn Rinck ausgearbeitet. Inbezug auf Leistungsfähigkeit steht es den bisher gebräuchlichen Kymographien durchaus nicht nach. Dabei ist der Preis desselben ein verhältnismässig geringer.

---

In derselben Sitzung sprach Herr F. Schenck:

### **Über die Entartungsreaction bei ermüdeten Nerv-Muskel-Präparaten.**

Die Untersuchung, über welche ich berichten will, ist auf meine Veranlassung von Herrn Dr. Achelis ausgeführt worden; sie wirft einiges Licht auf das Wesen der Erscheinung, die dem Kliniker unter dem Namen der Entartungsreaction bekannt ist.

Um die Fragestellung, die den Versuchen zu Grunde liegt, klar zu legen, muss ich etwas weiter ausholen, und erst an die Grundgesetze der elektrischen Nervenreizung erinnern.

Wenn man einen constanten elektrischen Strom durch den herauspräparirten Nerven eines Nerv-Muskelpräparates vom Frosche durchleitet, so entsteht bei hinreichender Stromstärke sowohl bei dem Vorgang der Stromschliessung als auch bei der

Stromöffnung eine Nervenerrregung, die zum Muskel hingeleitet eine Zuckung verursacht. Der Erregungsort im Nerven ist aber bei Schliessung und Öffnung verschieden. Bei der Schliessung entsteht die Erregung da, wo die Kathode dem Nerven anliegt, bei der Öffnung da, wo die Anode liegt. Die Schliessungs-erregung an der Kathode ist dabei stärker als die Öffnungs-erregung an der Anode und daraus erklärt sich, dass bei den schwächsten überhaupt wirksamen Strömen nur Schliessungs-zuckungen zu stande kommen, und erst bei etwas stärkeren Strömen sowohl Schliessungs- als Öffnungszuckungen. Bei den schwächsten überhaupt wirksamen, sowie bei den etwas stärkeren Strömen ist es für das Auftreten der Schliessungszuckung, resp. Schliessungs- und Öffnungszuckungen einerlei, wie der Strom im Nerven gerichtet ist, ob aufsteigend, d. h. vom Muskel gegen das Centralorgan hin, oder absteigend, d. h. vom Centralorgan gegen den Muskel hin. Bei sehr starken Strömen macht sich freilich auch ein Einfluss der Stromrichtung geltend, aber das hat für unsere weiteren Betrachtungen hier kein besonderes Interesse, so dass ich unterlassen kann, darauf einzugehen.

Das Gesagte gilt, wie ich nochmals besonders hervorhebe, für den motorischen Nerven, der zusammen mit dem zugehörigen Muskel aus dem Körper herauspräparirt ist, und dem die stromzuführenden Elektroden direkt angelegt werden.

Für den Arzt hat aber die Frage Interesse, ob dasselbe Erregungsgesetz auch noch gilt, wenn der in situ d. h. im unversehrten Körper befindliche Nerv mit dem Strom durchströmt wird. Man kann da die Elektroden nicht direkt dem Nerven allein anlegen, weil der Nerv immer noch von anderen Gebilden, vor allem immer von der Haut bedeckt wird. Man pflegt die Elektroden so anzulegen, dass man eine kleine Elektrode auf eine Hautstelle, die über dem zu untersuchenden Nerven liegt, aufsetzt, die andere auf eine Stelle über dem nervösen Centralorgan, z. B. auf die Stirn, oder auf den Nacken. Erstere Elektrode nennt man die differente, letztere die indifferente. Bei oberflächlicher Betrachtung sollte man nun meinen, dass der

Strom im Nerven einfach zwischen beiden Elektroden läuft, also aufsteigend gerichtet wäre, wenn die differente die Anode ist, und absteigend, wenn die differente die Kathode ist. In Wirklichkeit sind aber die Verhältnisse viel complicirter, weil der Strom durch den ganzen Körper sich verzweigt, daher gehen Stromschleifen nicht bloss durch das oberhalb der differenten Elektrode gelegene Nervenstück, sondern auch mehr oder weniger schräg durch das untere Nervenstück und zwar haben die Stromschleifen oberhalb und unterhalb der differenten Elektrode im Nerven im Allgemeinen entgegengesetzte Richtung. Ist die differente Elektrode die Anode, so ist die allgemeine Richtung der Stromschleifen oberhalb aufsteigend, unterhalb absteigend; ist die differente Elektrode die Kathode, so sind die Stromschleifen oberhalb derselben absteigend, unterhalb derselben aufsteigend gerichtet.

Wir können diese Art der Durchströmung des in situ gelassenen Nerven im Allgemeinen gleichartig erachten der Durchströmung eines herauspräparirten Nerven, an den drei Elektroden angelegt wären. Die mittlere der drei Elektroden wäre mit dem einen Pol der Stromquelle verknüpft, die beiden seitlichen mit dem anderen Pole. Wir nennen diese Elektrodenanordnung die tripolare zum Unterschiede von der zuerst erwähnten Elektrodenanordnung, die wir als die bipolare bezeichnen.

Welche Zuckungsformel bei der tripolaren Durchströmungsart auftreten muss, lässt sich nun unter Berücksichtigung der Besonderheiten der Durchströmung leicht ableiten aus dem, was bei der bipolaren Durchströmungsart schon gesagt worden ist.

Das Charakteristische bei der tripolaren Durchströmung ist, dass der Strom an der mittleren Elektrode unverzweigt, an den seitlichen Elektroden dagegen in zwei Zweige verzweigt ist. Deshalb muss an der mittleren Elektrode die Stromdichte grösser sein, als an jeder der seitlichen Elektroden, und da die Stromdichte auch für die physiologische Wirkung maassgebend ist, so muss daher die mittlere Elektrode relativ stärker, jede der seitlichen Elektroden relativ schwächer wirksam sein, als der Wirksamkeit der Elektroden bei bipolarer Durchströmung entspricht.

Bedenkt man noch, dass bei bipolarer Durchströmung *ceteris paribus* die Kathode stärker wirksam ist, als die Anode, so ergibt sich für die tripolare Durchströmung Folgendes:

Ist die mittlere Elektrode die Kathode, so muss der von der bipolaren Anordnung her bekannte Unterschied der Elektrodenwirkung noch stärker hervortreten, weil wir ja eine noch viel stärker wirksame Kathode, eine noch viel schwächer wirksame Anode haben. Es wird daher in diesem Falle der tripolaren Anordnung bei den schwächsten überhaupt wirksamen Strömen schon die durch die Erregung an der starken Kathode bedingte Schliessungszuckung, aber erst bei sehr viel stärkerem Strome auch die durch die Erregung an der schwachen Anode bedingte Öffnungszuckung auftreten.

Ist dagegen die mittlere Elektrode die Anode, so muss der von der bipolaren Anordnung her bekannte Unterschied der Elektrodenwirkung in geringerem Maasse hervortreten, er kann ganz verschwunden sein, weil jetzt die Versuchsanordnung es mit sich bringt, dass die Anode relativ stark, die Kathode relativ schwach wirksam ist. Es wird daher ungefähr bei ein und derselben mittleren Stromstärke sowohl Schliessungs- als Öffnungszuckung auftreten.

Setzen wir, um in einer kurzen Formulirung die Beziehung der Stromrichtung zu der entstehenden Zuckung zum Ausdruck zu bringen, immer die Bezeichnung der mittleren Elektrode der Zuckung voraus, so erhalten wir also:

- 1) bei schwachen Strömen nur die Kathodenschliessungszuckung;
- 2) bei etwas stärkeren Strömen auch die Anodenschliessungs- und Öffnungszuckung, und erst
- 3) bei noch stärkeren Strömen auch die Kathodenöffnungszuckung.

Tatsächlich wird diese Zuckungsformel auch sowohl bei tripolarer Reizung des herauspräparirten motorischen Nerven, als auch bei dem in der erwähnten Weise durchströmten, *in situ* gelassenen Nerven erhalten, wobei in letzterem Falle die

differente Elektrode gleich der mittleren Elektrode der tripolaren Anordnung zu setzen ist.

Auf die Übereinstimmung, die zwischen der sogenannten normalen menschlichen Zuckungsformel und dem bei tripolarer Reizung zu erhaltenden Zuckungsgesetz besteht, hat schon vor etwa 30 Jahren Filehne<sup>1)</sup> aufmerksam gemacht. Dieser Punkt in der Abhandlung Filehnes ist etwas in Vergessenheit geraten; der didaktisch wertvolle Vergleich der tripolaren Durchströmung mit der Durchströmung des in situ gelassenen Nerven ist in die Lehrbücher wenig übergegangen. Es mag dies daran liegen, dass Filehne hierauf nur ganz kurz eingegangen ist und nur einen Versuch mit tripolarer Reizung angestellt zu haben scheint. Mit Rücksicht auf die didaktische Bedeutung dieses Vergleiches hat Herr Dr. Achelis zunächst eine grössere Zahl von Versuchen mit tripolarer Reizung des isolirten motorischen Nerven angestellt, und tatsächlich immer ein der menschlichen Zuckungsformel gleiches Zuckungsgesetz gefunden.

Es ist nun ohne weiteres klar, und bedarf keiner ausführlichen Erörterung, dass es nicht notwendig ist, die drei Elektroden der tripolaren Anordnung nur an den Nerven anzulegen; wir können auch nur zwei Elektroden dem Nerven anlegen, die dritte dem Muskel, ohne dass sich an dem Resultate der Reizung etwas ändert, weil auch in letzterem Falle der für den Erfolg notwendige Unterschied der Stromdichte an der mittleren und den seitlichen Elektroden, deren eine jetzt dem Muskel anliegt, besteht. Bei dem in situ gelassenen Nerven gehen die Stromschleifen ja auch durch den Muskel.

Ja der erforderliche Unterschied der Stromdichte lässt sich sogar bei einer besonderen Form der bipolaren Anordnung erreichen: wenn man nämlich von den beiden Elektroden nur eine dem Nerven, die andere dem Muskel anlegt. Denn der Muskel ist dicker, als der Nerv, die Stromdichte wird daher im Muskel bei der beschriebenen Anordnung wegen des grösseren Querschnittes geringer sein. Dazu mag noch kommen, dass der

1) Deutsches Archiv f. klin. Med. Bd. 7.

Muskel an sich auch schwerer erregbar ist, als der Nerv. Herr Dr. Achelis hat gefunden, dass man auch bei dieser Art der bipolaren Durchströmung des Nerv-Muskelpräparates die normale menschliche Zuckungsformel erhalten kann.<sup>1)</sup> Dies dürfte die einfachste und übersichtlichste Anordnung des Versuches sein, durch den sich die menschliche Zuckungsformel am ausgeschnittenen Nerv-Muskelpräparat demonstrieren lässt. Es entspricht dabei die am Nerven liegende Elektrode der differentiellen Elektrode bei Durchströmung des in situ gelassenen Nerven.

Nachdem so festgestellt war, wie man in übersichtlicher Weise durch tripolare, resp. die erwähnte bipolare Durchströmung von Nerv und Muskel die menschliche Zuckungsformel beim Nerv-Muskelpräparat erhalten kann, lag der Gedanke nahe, zu untersuchen, ob man durch irgend welche Veränderungen des Präparates auch die Abweichung von der normalen Formel erhalten kann, die der Kliniker bei entartenden Nerven und Muskel beobachtet hat, und die deshalb den Namen Entartungsreaction erhalten hat. Diese Entartungsreaction zeigt sich in folgenden Erscheinungen:

1) Während bei normalen Nerven und Muskeln die Kathodenschliessungszuckung bei schwächerem Strom zu erhalten ist, als die Kathodenöffnungszuckung, zeigt sich bei der Entartung eine Umkehr der Zuckungsformel: Die Kathodenöffnungszuckung tritt bei geringerer Stromstärke auf, als die Kathodenschliessungszuckung.

2) Es zeigt sich wenigstens im Beginne der Entartung eine gesteigerte Erregbarkeit insofern, als die Kathodenöffnungszuckung schon bei viel geringerer Stromstärke auftritt, als sie in der Norm aufzutreten pflegt.

---

1) Herr Achelis hat bei diesen Versuchen die Muskelelektrode dem Bauche des Muskels direkt angelegt und dabei wenigstens in vielen Fällen jene Zuckungsformel erhalten. Nach meinen Erfahrungen erhält man aber die Formel immer sicher, wenn man die Muskelelektrode mit dem Muskel verbindet durch einen mit physiologischer Kochsalzlösung getränkten Baumwollfaden, den man um die Achillessehne des Gastrocnemius schlingt.

3) Die Zuckungen des Muskels verlaufen bei der Entartung sehr viel langsamer, als in der Norm.

Aus Gründen, die ich hier nicht ausführlich wiedergeben kann, die aber zum Teil aus den theoretischen Bemerkungen am Schlusse zu entnehmen sind, erschien es mir aussichtsvoll, zu untersuchen, ob nicht das ermüdete Nerv-Muskelpräparat eine Reaction geben würde, die in einigen wesentlichen Punkten mit der Entartungsreaction übereinstimmte, und ich veranlasste daher Herrn Dr. Achelis, die elektrische Reaction des durch häufige Reizung des Nerven ermüdeten Nerv-Muskelpräparates mit der beschriebenen Elektrodenanordnung zu prüfen.

Das Resultat dieser Untersuchung war ein überraschend positives: am ermüdeten Nervmuskelpräparat werden alle drei charakteristischen Symptome der Entartungsreaction: Umkehr der Zuckungsformel, gesteigerte Erregbarkeit und träge Zuckung erhalten, und zwar traten die Symptome so regelmässig und sicher auf, dass wir das ermüdete Nerv-Muskelpräparat als ein sehr geeignetes Object zur Demonstration der Entartungsreaction empfehlen können, insbesondere auch deshalb, weil man bei fortschreitender Ermüdung den allmählichen Übergang der normalen Reaction in die Entartungsreaction bequem verfolgen kann.

Die Versuchsaufstellung, die zu der Demonstration dient, ist folgende:

Als Stromquelle dient eine Batterie von 3 hintereinander geschalteten Daniell-Elementen. Die Pole der Batterie sind durch zwei Leitungsdrähte verknüpft mit den beiden Enden eines 50 cm langen Rheochorddrahtes. Von dem einen Ende des Rheochorddrahtes, sowie von dem auf dem Rheochord verschieblichen Schlitten führen weiter zwei Leitungen zu den beiden dem Präparate anliegenden unpolarisirebaren Elektroden. Die Stromstärke des durch das Präparat gehenden Stromzweiges kann in dem Falle abgestuft werden durch Verschieben des Rheochordschlittens auf dem Rheochorddraht; sie ist um so grösser, je weiter entfernt der Schlitten von dem einen Ende des Rheochorddrahtes ist. In die Leitungen zwischen Rheochord und Elektroden ist ausserdem noch ein Stromwender sowie ein Quecksilberschlüssel eingeschaltet.

Über den Thonstiefel der einen Elektrode wird der Nerv des Präparates gelegt, an den anderen Thonstiefel wird ein mit physiologischer Kochsalzlösung getränkter Baumwollfaden angeheftet, dessen anderes Ende um die Achillessehne des zu dem Versuche verwendeten Froschgastrocnemius ge-

schlungen ist. Der Muskel ist mit seinem oberen Ende befestigt an einem durch die Kniegelenkkapsel gesteckten Haken, die Achillessehne ist angebunden an einen leichten einarmigen Hebel, dessen freies Ende die Muskelcontraction in stark vergrössertem Maasse erkennen lässt. Der Muskel wird noch belastet durch ein an den Hebel unter ihm angehängtes Gewicht von etwa 50 gr.

Ausserdem wird noch ein Inductionsapparat mit Wagner'schem Hammer und mit Tauchelement als Stromquelle im primären Stromkreis aufgestellt. Von der secundären Spule führen Leitungen zunächst zu einem als Kurzschluss eingeschalteten Schlüssel und von da weiter zu zwei Elektroden aus Metalldrähten, die dem oberen Nervenende angelegt werden oberhalb der Stelle, wo die unpolarisirbare Elektrode liegt.

Es wird dann die Reizschwelle, d. h. die eben wirksame Stromstärke sowohl für Schliessung als für Öffnung des constanten Stromes festgestellt, wobei jedesmal zwischen Schliessung und darauf folgender Öffnung die gleiche Zeit — sagen wir 5 Sec. — vergehen muss.

Diese Bestimmung geschieht bei beiden Stromrichtungen und es wird sich da ergeben, dass bei der geringsten wirksamen Stromstärke nur Schliessung des aufsteigenden, d. h. vom Muskel zum Nerven hin gerichteten Stromes wirksam ist, bei etwas grösserer Stromstärke ist auch die Schliessung und die Öffnung des absteigenden Stromes wirksam, aber erst bei sehr viel stärkeren Strömen auch die Öffnung des aufsteigenden Stromes.

Dann wird mit Hilfe des Inductionsapparates der Nerv durch Öffnen des Kurzschlusses gereizt und der Muskel so einige Zeit hindurch tetanisirt. Alsdann untersucht man wieder die Reizschwelle des constanten Stromes für Schliessung und Öffnung hauptsächlich des aufsteigenden Stromes, alsdann wird wieder durch Tetanus weiter ermüdet, dann wieder die Reizschwelle bestimmt u. s. f.

Man beobachtet dann bei fortschreitender Ermüdung die allmähliche Umkehr der Zuckungsformel und auch die anderen Symptome der Entartungsreaction.<sup>1)</sup>

Die Bedeutung der Untersuchung des Herrn Dr. Achelis liegt aber nicht nur darin, dass wir jetzt ein bequemes Versuchsverfahren haben, die normale menschliche Zuckungsformel und

1) In Ergänzung der Angaben des Herrn Dr. Achelis (siehe Pflüger's Archiv Bd. 106) sei hier bemerkt, dass ich manchmal in einem gewissen Grade der Ermüdung bei geringer Stromstärke noch eine sehr schwache Kathodenschliessungs-Zuckung beobachtete, die aber bei etwas stärkerem Strom nicht mehr auftrat. Dies ist wohl daraus zu erklären, dass das schon ermüdete Nervenendorgan durch den erst bei stärkeren Strömen sich mehr ausbreitenden und daher vom Muskel bis zum Endorgan reichenden Anektrotonus ganz leitungsunfähig gemacht wird,

die Entartungsreaction in übersichtlicher und didactisch wertvoller Weise zu demonstrieren; die Versuche werfen auch Licht auf das Wesen der Entartungsreaction.

Über das Wesen der Entartungsreaction waren bisher die Ansichten der Kliniker geteilt. Die Umkehr der Zuckungsformel glaubten einige Autoren auf eine Umkehr der Polwirkung zurückführen zu können; derart dass nun bei Schliessung an der Anode, bei Öffnung an der Kathode die Erregung statt habe. Wegen der Schwierigkeiten, die sich dieser Auffassung entgegenstellen, haben andere Autoren angenommen, dass im Nerven eine Stelle grösster Erregbarkeit sei, die bei der normalen und der pathologischen Reaction verschieden liege. Kurz es herrscht da noch keine Klarheit in der Auffassung.

Unseré Versuchsresultate lassen zunächst die Umkehr der Zuckungsformel als etwas Einfaches, ich möchte sagen Selbstverständliches erscheinen, wenn man noch das in Rücksicht zieht, was die Physiologie bisher über die Ermüdung des Muskels durch Reizung von seinem Nerven aus in Erfahrung gebracht hat.

Aus physiologischen Untersuchungen geht nämlich hervor, dass bei fortgesetzter Reizung des Nerven dieser selbst an der Ermüdung fast gar nicht teil nimmt; der Muskel nimmt schon mehr an der Ermüdung teil; was aber ganz besonders durch die fortgesetzte Reizung geschädigt wird, das ist das Organ, welches zwischen Nerv und Muskel liegt und das die Erregungen von Nerv auf den Muskel zu übertragen hat, das Nervenendorgan. Bei einem Ermüdungsgrade, bei dem der Muskel selbst durch einen etwa auf ihn wirkenden directen Reiz noch recht gut erregbar ist, ist daher das Nervenendorgan schon so stark erschöpft, dass es die von Nerven herkommenden Erregungen kaum mehr auf den Muskel übertragen kann, jedenfalls nur noch dann, wenn die Nervenerregung eine sehr starke ist. Der Muskel ist alsdann sozusagen entnervt, Reizung des Nerven hat gar keine oder doch höchstens eine schwache Erregung des Muskels zur Folge.

Eine Nervenerregung von solchem Grade, dass sie bei unermüdetem Präparate recht wohl auf den Muskel übertragen

werden kann, wird also bei ermüdetem Präparate nicht mehr auf den Muskel übertragen werden können.

Nun findet aber bei der sogenannten Kathoden-Schliessungszuckung des unermüdeten Präparates die Erregung im Nerven statt, wo die Kathode wirkt. Mit fortschreitender Ermüdung muss daher die Kathoden-Schliessungszuckung immer schwächer werden; es wird eine immer grössere Stromstärke notwendig sein, um sie zu erhalten, und bei hochgradiger Ermüdung wird sie schliesslich gar nicht mehr, selbst bei Anwendung stärkster Ströme, zu erhalten sein.

Die sogenannte Kathoden-Öffnungszuckung kommt aber in unserem Versuche dadurch zu stande, dass die Erregung in dem Muskel selbst an der Anode bei der Öffnung entsteht. Beim unermüdeten Präparate haben wir hierzu grössere Stromstärke nötig, als für die Kathoden-Schliessungszuckung, weil die Anode, aus den schon mehrfach erwähnten Gründen weniger wirksam ist, als die Kathode. Da nun bei fortschreitender Ermüdung des Präparates der Muskel zunächst wenigstens nur in geringem Maasse an der Ermüdung teil nimmt, so kann die Anodenwirkung noch recht gut vorhanden sein, die sogenannte Kathoden-Öffnungszuckung also noch gut auftreten bei einer Stromstärke, bei der die von der Kathode ausgehende Schliessungserregung schon nicht mehr zum Muskel hingeleitet wird. So erklärt sich die Umkehr der Zuckungsformel, sie beruht also im Wesentlichen darauf, dass der Muskel durch die Ermüdung sozusagen entnervt wird. Da wir bei dem in situ durchströmten Nerven des Menschen analoge Durchströmungsverhältnisse haben, wie in unserem Versuche am Präparate], so dürfte die Reaction der entartenden Nerven und Muskeln auch darauf zurückzuführen sein, dass der Muskel durch die Entartung des Nerven allmählich entnervt wird. Wesentlich ist danach für die Umkehr der Zuckungsformel, dass der Muskel noch seine Erregbarkeit besitzt zu einer Zeit, wo die Reizung des Nerven schon weniger wirksam geworden ist. Vielleicht wird bei der pathologischen Entartung, gerade so wie bei Ermüdung, nicht erst der Nerv, sondern auch

das Nervenendorgan zunächst betroffen, doch lässt sich darüber noch nichts Sicheres aussagen.

Die Erscheinung der Entartungsreaction erinnert auffallend an eine anderē Tatsache, die dem Physiologen unter dem Namen des polaren Versagens bekannt ist. Wenn man bei einem curaresirten Froschsartorius ein Stück an einem Ende durch Quetschen oder durch Einwirkung von Hitze abtötet, so erhält man bei Durchleitung eines elektrischen Stromes keine Schliessungszuckung, wenn die Kathode, und keine Öffnungszuckung wenn die Anode an der abgetöteten Stelle liegt. Es liegt das daran, dass das Muskelstück, welches in diesen Fällen im Bereiche der für die Erregung maassgebenden Elektrode liegt, nicht mehr erregt werden kann. Analog kommt bei der Entartungsreaction die Erregung nicht mehr zu stande wenn es der entartete, d. h. unerregbar gewordene Nerv ist, der im Bereiche der für die Erregung maassgebenden Elektrode liegt.

Die gesteigerte Erregbarkeit im Anfange der Ermüdung, sowie die trägen Zuckungen sind Erscheinungen, die wir zwar noch nicht bis in alle Einzelheiten zu erklären vermögen, die aber dem Physiologen insofern nichts Befremdendes bieten, weil sie schon bisher, nach früheren Untersuchungen an ermüdeten Muskel, bekannt waren. Wegen der Analogie<sup>1</sup>, die diese Erscheinungen mit den Symptomen der Entartung zeigen, vermag vielleicht auch in diesem Punkte die Fortführung der physiologischen Untersuchungen zugleich beizutragen zur Aufklärung des Wesens der Entartungsreaction.

Schliesslich noch eins. In den Kreisen der Neuropathologen ist man bemüht gewesen, festzustellen ob etwa die Entartungsreaction abhängig ist von pathologisch-anatomisch nachweisbaren Veränderungen in Nerv oder Muskel. Hierüber sind von manchen Autoren Vermutungen ausgesprochen, weil man gelegentlich wohl eine Coïncidenz der Symptome der Entartungsreaction mit anatomisch nachweisbaren Veränderungen beobachtet hat. Auf Grund unserer Beobachtung müssen wir sagen, dass diese Coïncidenz eine zufällige ist, weil, wenigstens so weit bisher bekannt ist, die Ermüdung, die die typischen Symptome der Entartungsreaction liefert, nicht zu solchen anatomisch nachweisbaren Veränderungen in Nerv oder Muskel führt, wie man sie zugleich mit der Entartungsreaction gefunden hat.

---

Ferner sprach Herr A. Schwantke:

### **Über Verwachsungen von monoklinem Augit mit Olivin.**

In diesen Sitzungsberichten (1904. Nr. 7. p. 104) wurde vom Verf. eine orientierte Verwachsung von Olivin mit rhombischem und monoklinem Augit aus einem Olivinfels des Basaltes von Amöneburg mitgeteilt. In diesem Falle ist die Orientierung des monoklinen Augit mit dem Olivin durch den parallel orientierten rhombischen Augit vermittelt.

In dem Basalt wird man eine direkte Verwachsung des echten basaltischen Augit mit dem Olivin von vorn herein weniger erwarten, da der Olivin als der ältere Gemengteil in der Regel vor dem Beginn der Augitausscheidung ausgewachsen, wenn nicht gar bereits korrodiert ist. (Wir sehen hier ab von den ältesten Einsprenglingsaugiten, die ein Weiterwachsen protogener Keime darstellen). Wo sich scheinbare Einschlüsse von Augit in Olivinen zeigen, sind sie wohl meist durch die Einlagerung des jüngeren Augit in Buchten des korrodierten Olivin zu erklären. Indessen dürfte es sich in dem hier zu beschreibenden Fall um eine etwas innigere Verwachsung des gewöhnlichen monoklinen Augit mit dem Olivin handeln, die mehr als ein zufälliges Anwachsen bedeutet.

Besonders charakteristisch zeigte dieselbe der Basalt des Ratsberges bei Jauer in Schlesien. Das Gestein ist ein sehr feldspatarmer Basalt; als älteste Ausscheidungen erscheinen (neben den Magneteisenkörnchen) zahlreiche Einsprenglinge von Olivin mit z. T. vollkommener kristallographischer Begrenzung in der gewöhnlichen Form. Auf den Olivin folgt in der Ausscheidungsreihe der Gemengteile der Augit: seine grösseren Einsprenglinge lassen sich als ältere Generation von den Mikrolithen der Grundmasse, in deren Gemenge sie liegen, unterscheiden, ohne dass es möglich wäre, einen Hiatus in der Augitausscheidung zu erkennen. Vor den letzten Augitmikrolithen erscheinen auch schon die spärlichen Leisten des Plagioklas. Die Basis bildet ein farbloses Glas. Für den Olivin ist es

charakteristisch, dass der Augit unmittelbar randlich mit ihm verwachsen ist. Meist trägt der Olivin nur einen schmalen Kranz von Augit oder es sind ihm nur an einzelnen Stellen kleine Augitindividuen aufgesetzt; daneben finden sich aber auch Fälle, in denen die Augitsubstanz überwiegt und der Olivin als zentraler Kern vom Augit rings umschlossen wird. Der Ansatz beliebiger Augitkörnchen dicht an den Olivin, wie er sich auch hier findet, böte nichts bemerkenswertes. Die Augite wachsen aber hier z. T. unmittelbar gewissermassen aus dem Olivin heraus. Im gewöhnlichen Licht sieht man dann auch keine scharfe Trennungslinie, sondern der Augit verhält sich wie eine bräunlich gefärbte Randpartie zum farblosen Olivin.

Die Einzelheiten der Verwachsung lassen sich ohne Abbildung schwer beschreiben. Ganz allgemein kann man sagen, dass der Augit das Bestreben zeigt, seine Individuen mit dem Olivin parallel zu stellen. Es geschieht einerseits derart, dass sich Augitindividuen einer Fläche des Olivinkrystals parallel anlegen, eine mehr äusserliche Art der Verwachsung, wie sie in anderen Fällen auch zwischen Olivin und Feldspat beobachtet werden kann. Daneben zeigt sich aber auch eine in gewisser Weise orientierte Verwachsung beider Mineralien. Sie ist auch teilweise gleichzeitig durch gleiche Orientierung der Augitindividuen charakterisiert, dürfte aber kaum durch ein bestimmtes Gesetz ausgedrückt werden können, nach dem der Olivin und Augit irgend welche zwei Flächen gemeinsam haben. Besser kann man sagen, der Augit ist in der Wachstumsrichtung des Olivin fortgewachsen, indem er zugleich das Bestreben zeigt, sich dem Olivin vollkommen anzuschliessen. Die gleiche Orientierung im Schliiff an getrennten Stellen eines Olivinkorns liegender Augitkryställchen kann sich auch durch die ursprüngliche Zugehörigkeit zu einem Individuum erklären, die durch den Schnitt aufgehoben wurde. Die Ursache der Orientierung würde dann im Augit selbst zu suchen sein. Es zeigt aber auch der Olivin eine Einwirkung auf die Orientierung der Augite, indem diese besonders an die Krystallbegrenzung des Olivin

gebunden ist. Je unvollkommener die Begrenzung des Olivin ist, umso unregelmässiger ist auch der Augit an diesen angewachsen; kleine, ringsum korrodierte Olivinkörner sind als unregelmässige Augitknäuel weitergewachsen.

• Solche Augitknäuel finden sich besonders in einigen charakteristischen Basalttypen, die durch die Untersuchung der niederhessischen Basalte im mineralogischen Institut zu Marburg bekannt geworden sind. Das ausgezeichnete Gestein dieser Art ist der von W. Schultz (Neues Jahrbuch f. Mineralogie etc. Beilageband XVI. 1902. p. 257 f., Taf. IX, Fig. 1) beschriebene Basalt vom Hügelskopf bei Homberg a. d. Elze (Hügelskopftypus); O. Reuber hat dann später (Neues Jahrb. f. Min. etc. Beilageband XIX. 520. 527, Taf. XXVII, Fig. 3) ähnliche Gesteine gefunden, besonders am Almuthsberge südlich Homberg a. d. E. (Almuthsbergtypus). W. Schultz hat auf die Beziehung zwischen Olivin und Augit in den Augitknäueln schon hingewiesen (p. 259): „Bemerkenswert sind die Verwachsungen von Augit und Olivin. Man bemerkt oft grosse, radial angeordnete Augite, die einen Stern bilden, dessen Centrum aus einem corrodieren Olivinkorn besteht. Selten dagegen ist die Umwachsung eines Olivinkrystals mit Augit, in diesem Falle sind die angewachsenen Augite bedeutend kleiner. Eine orientierte Verwachsung zwischen beiden Mineralien liess sich nicht feststellen.“ Es sind also hier umgekehrt wie im Basalt vom Ratsberge die Augitknäuel häufiger als die randlichen Verwachsungen; die Ursache der Knäuelbildung ist wohl auch hier stets der Olivin, wenn auch das zentrale Körnchen nicht immer vom Schliff getroffen ist.

Auch der Basalt vom Almuthsberge enthält reichlich die (meist kleinen) Augitknäuel. Ein zentrales Olivinkörnchen sieht man in ihnen selten. Die randliche Verwachsung von Olivin mit Augit wird von O. Reuber in einem Falle erwähnt (p. 520): „Ein zweiter sehr langer und schmaler Olivin trägt einen Saum von optisch übereinstimmend orientierten Augiten.“ Wenn man speziell danach sucht, findet man diese randliche Verwachsung

etwas häufiger als im Basalt vom Hügelskopf, doch ist sie auch hier bei weitem nicht so ins Auge fallend, wie im Basalt vom Ratsberge. Das Vorkommen im Basalt vom Almuthsberge ist aber deshalb erwähnenswert, weil der Augit hier eine Altersbeziehung zu der zuletzt ausgeschiedenen Olivinsubstanz erkennen lässt. Wie O. Reuber bereits bei der Beschreibung des Gesteins erwähnt (p. 527. 528), zeigt der Olivin hier die auch anderweitig beobachtete und gewöhnlich als Zonarstruktur gedeutete Erscheinung, dass der randlich oder auch bis zur Mitte gerötete Kern nach aussen von einer schmalen Zone frischer farbloser Olivinsubstanz umgeben wird. Diese Umrandung ist weit häufiger als die Verwachsung des Olivin mit Augit, wo aber eine solche stattfindet, ist der Augit direkt an den roten Kern angewachsen. In einzelnen Fällen zeigt sich auch Augit neben dem farblosen randlichen Olivin, indem er den letzteren an einzelnen Stellen der Umrandung gewissermassen zu vertreten scheint.

Die Verwachsung von Augit und Olivin, wie sie der Basalt vom Ratsberge zeigt, ist so charakteristisch, dass sie mehr als ein zufälliges Anwachsen des jüngeren an den älteren Gemengteil bedeuten wird. Wenn es sich auch nicht um eine bestimmte gesetzmässig krystallographische Orientierung der beiden Mineralien handeln dürfte, so haben vielleicht besondere ihr speziell günstige Ausscheidungsbedingungen den Anlass gegeben. Wenigstens würde in diesem Sinne die zuletzt erwähnte Erscheinung im Basalt vom Almuthsberge eine Erklärung bieten. Für die farblose Umrandung der geröteten Olivine ist auch bemerkenswert, dass sie z. T. dem Rande eines korrodierten Kornes folgt, wie es F. Möhle (Neues Jahrb. f. Min. Beil. Bd. XV. 1902. p. 84) beschreibt. Der helle Rand stellt also einen jüngeren Absatz von Olivin dar, und wenn wir im Basalt vom Almuthsberge den Augit mit dem jüngeren Olivin gleichzeitig ausgeschieden sehen, so wird es verständlich, dass gerade dann die innige Verwachsung von Olivin und Augit erfolgen konnte, wenn die Bedingungen zur Olivin- und Augitbildung gleichzeitig vorhanden waren.

In der anschliessenden Geschäftssitzung wurde zum ordentlichen Mitgliede der Gesellschaft gewählt Herr Prof. Friedrich Kohlrausch, Präsident der physikalisch-technischen Reichsanstalt.

Zu ausserordentlichen Mitgliedern: Herr Dr. Alfred Lohmann, Privatdocent der Physiologie, Herr Dr. Narciss Ach, Privatdocent der Philosophie, Herr Dr. Hermann Küttner, ausserordentlicher Professor der Chirurgie, Herr Dr. Fritz Heusler (Dillenburg).

Aufgelegte Schriften:

- Sitzungsberichte der physik.-medizinischen Sozietät in Erlangen.  
35. Heft. 1903. Erlangen 1904.
- Transactions of the Academy of science of St. Louis. XII. Bd 9/10.  
XIII. 1/9. XIV. 1/6. St. Louis 1902/1904.
- Verhandlungen der k. P. geolog. Reichsanstalt Wien. 1904 No. 9/10.  
Wien 1904.
- Zeitschrift für Naturwissenschaft. 77. Bd. (1904) 1/2. Heft.  
Stuttgart 1904.
- Annual Report of the Geol. Survey of Canada (New Serici)  
Vol. XIII. 1900. Ottawa 1903.
- Mapes to accomp. Annual Report of the Geol. Survey of Canada  
(New Serici). Vol. XIII. 1900. Ottawa 1904.
- The American Naturalist. 38. Bd. No. 454.  
Boston Octbr. 1904.
- Arkiv för Botanik af K. Svenska Vetens-Kaps-Akademiern. III. Bd.  
Heft 1/3. Stockholm 1904.
- Atti della società Toscana di scienze naturali processi verbali.  
XIV. Bd. No. 5.
- Atti della r. Accad. dei Lincei 1904. XIII. Bd. No. 8/9.  
Roma 1904.
2. Bericht des ornithologisch-öologischen Vereins zu Hamburg.  
1902/3.
36. Bericht des naturwiss. Vereins für Schwaben und Neuburg.  
Augsburg 1904.
- Boletin del Cuerpo de Ingenieros de minas del Perú. No. 11 u. 13.  
Lima 1904.
- Bulletie of the N. Y. public library. VIII. Bd. No. 11.  
New-York 1904.
- Leopoldina. 40. Heft. No. 10/11. Halle a. S. 1904.

- Monthly list of publications. No. 504.  
Parergones del Instituto geologico de Mexico. I. Bd. No. 4/5.  
Mexico 1904.
- Proceedings of the American Academy of arts et sciences. 40. Bd.  
No. 3/5. August und Sept. 1904.
- Proceedings of the Canadian Institute. New-Series No. 12.  
(II. Bd. 6) Toronto 1904.
- Smithsonian Miscellaneons Collections. II. Bd. No. 1. (47. Bd.  
Publ. No. 1467). Washington 1904.
- Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen  
te Amsterdam. 1. Sectie. VIII. Teil No. 6/7 und Titel  
mit Umschlag. Amsterdam 1904
- Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen  
te Amsterdam. 2. Sectie. X. Teil No. 1/6 und Titel  
mit Umschlag. Amsterdam 1903/4.
- Jaarbok van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen.  
Amsterdam 1904.
- Verslag van de gewone Vergaderingen der wiss.- an natuurkundige  
Afdeeling van 30./5. 1903 tot 28./11. 1904. XII. Teil. 1/2.  
Amsterdam 1903/4.
- Abhandlungen der naturforsch. Gesellsch. zu Görlitz. 24. Bd.  
Görlitz 1904.
- Anales del Museo national de Buenos-Ayres III. 3.  
Buenos-Ayres 1904.
- Archives du Muséo Teyler. II. Ser. IX. Bd. 1/2.  
Haarlem 1904.
- Atti della R. Accademia dei Lincei 1904. XIII. Bd. 10/11 fasc.  
2 Sem. Roma 1904.
- Bulletin of the New-York public library. VIII. Bd. No. 12.  
New-York 1904.
- Bulletin of the University of Kansas. IV. Bd. No. 9. Science  
Brell. II. Bd. 10/15. No. 1. Lawrence Kan. Juni 1904.
- Bulletin No. 1. Springfield Museum of natural history.  
Springfield 1904.
- V. Congrès international de médecine. Bulletin officiel No. 4.  
Jahrbücher des Nass. Vereins f. Naturkunde. 57. Jahrg.  
Wiesbaden 1904.
- Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga. 47. Bd.  
Riga 1904.
- Monthly list of publications. Novbr. 1904. (No. 506).
- Macoun, J. Catalogue of Canadian birds. III. Theil.  
Ottawa 1904.
- Proceedings of the American Academy of arts and sciences.  
40. Bd. No. 6/7. Septbr. 1904.

- Programme de la société Batave de philosophie exp. de Rotterdam 1904.
- Regenwarnemingen in Nederlandsch-Indie. 25. Jahrg. 1903. Batavia 1904.  
cart.
22. Annual report of the public Museum of City of Milwaukee. Milwaukee 1904.
- Report of the Superintendent of the U.-St. naval observatory for 1903 4. Washington 1904.
- Sociedade scientifica de S Paulo: Relatoria 1903,4. Sao Paulo 1904.
- Verhandlungen der naturf. Gesellsch. in Basel. XV. Bd. 3. Heft. Basel 1904.
- Verhandlungen des naturwiss. Vereins in Karlsruhe. XVII. Bd. (1903 04). Karlsruhe 1904.
- Verzeichniss der liter. Publikationen von R. A. Philippi.
- Weidmann, S. The Baraboo ironbearing districo of Wisconsin. Madison, Juni 1904.
- Smith-onian contributions to knowledge. XXXIII. u. XXXIX. Bd. I. Th. Washington 1903 u. 1904.
- The American naturalist. 38. Bd. No. 455/56. Boston. Novbr. Decbr. 1904.
- Sars, G. O. An account of the Bustacea of Norway. V. Bd. 5 6. Bergen 1904.
- Annotationes zoologicae Japonenses. V. Bd. 3°. Tokyo 1904.
- Arkiv för Botanik. III. Bd. 4°. Svenska Vetenskaps Akademien. Stockholm 1904.
- Arkiv för Kemi etc. I. Bd. 3/4. Svenska Vetenskaps Akademien. Stockholm 1904.
- Arkiv för Matematik. I. Bd. 3/4. Svenska Vetenskaps Akademien. Stockholm 1904.
- Arkiv för Zoologie. II. Bd. 1/2. Svenska Vetenskaps Akademien. Stockholm 1904.
- Atti della R. Accademia dei Lincei. V. Ser. XIII. Bd. No. 12. Roma 1904.
- Beitrag z. Kenntniss der Niederschlagsverhältnisse Mährens und Schlesiens von H. Schindler. 4°. Brünn 1904.
22. Bericht der meteorolog. Commission des naturf. Vereins in Brünn pro 1902. Brünn 1904.
- Boletin del Cuerpo de ingeniores de minas del Peru. No. 10 und 15. Lima 1904.
- Bulletin of the N. Y. public library. IX. Bd. No. 1. New York 1905.
- Görbing, Einige Versuche über die Desinfectionswirkung von Saprol. Jena 1904.
-

# Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten  
Naturwissenschaften

zu

**M a r b u r g.**

---

---

**Nr. 3**

**März**

**1905**

---

---

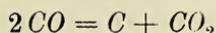
In der ordentlichen Sitzung vom 8. März sprach Herr R. Schenck über das Thema:

**Studien über die chemischen Vorgänge im Eisenhochofen.**

Die Versuche sind von ihm in Gemeinschaft mit Herrn cand. W. Heller ausgeführt worden.

A. Die totalen Gleichgewichte zwischen Eisen, Eisenoxydul, Kohlenstoff und dessen gasförmigen Oxyden.

Die Untersuchungen von R. Schenck <sup>1)</sup> und F. Zimmermann über die Spaltung des Kohlenoxydes haben das Ergebniss geliefert, dass die Reaction



nur in Gegenwart der Metalle der Eisengruppe erfolgt. Die freien Metalle aber nicht deren Oxyde vermögen die Spaltung katalytisch zu beeinflussen.

Wenn das Metall relativ edel ist wie Nickel und Cobalt, so nimmt es selbst leicht an der Reaction teil und der Spaltungsvorgang erreicht sein Ende, wenn Gleichgewicht zwischen

---

1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. 36. 1904.

Kohlenstoff, Kohlenmonoxyd und Kohlendioxyd eingetreten ist. Vollzieht sich der Vorgang bei constantem Gasvolumen, so verringert sich der Druck und die Druckveränderungen kommen oberhalb der Hälfte des Anfangsdruckes vom reinen Kohlenoxyd zum Stillstand.

Beim Eisen und Mangan dagegen kommt die Reaction erst weit unterhalb der Hälfte des Anfangsdruckes zur Ruhe, weil nicht allein das Gleichgewicht zwischen Kohlenstoff und seinen gasförmigen Oxyden, sondern auch das Gleichgewicht zwischen Metall, Oxydul, Kohlenmonoxyd und Kohlendioxyd den Verlauf der Spaltung beeinflusst. Zuerst, bei Gegenwart von reinem Kohlenmonoxyd, erfolgt die Spaltung genau so wie beim Nickel rein katalytisch, dabei bildet sich immer mehr und mehr Kohlendioxyd. Dessen Concentration nimmt schliesslich so weit zu, dass das Verhältniss, welches dem Gleichgewicht zwischen den beiden Oxyden des Kohlenstoffes, Eisen und Eisenoxydul entspricht, überschritten wird. Dann erfolgt Oxydation des Metalles, Spaltung des gebildeten Monoxydes in Kohle und Dioxyd. Diese Vorgänge wiederholen sich bis schliesslich totales Gleichgewicht zwischen Eisen, Oxydul, Kohlenstoff und den beiden Gasen erreicht ist.

Aus der Phasenregel lässt sich ableiten, dass für eine bestimmte Temperatur das totale Gleichgewicht nur bei einem einzigen Partialdruck jedes der beiden Gase und bei einem einzigen Gesamtdruck derselben bestehen kann. Ohne weiteres einleuchtend wird dieser Schluss, wenn man die beiden Einzelgleichgewichte graphisch zur Darstellung bringt.

1. Gleichgewicht zwischen Kohlenstoff, Kohlenmonoxyd und Dioxyd ist vorhanden, wenn

$$\frac{p_{co}^2}{p_{co_2}} = \zeta$$

ist. Wenn wir setzen

$$p_{co} + p_{co_2} = P,$$

so wird

$$1) \frac{p_{co}^2}{P - p_{co}} = \zeta.$$

Wählen wir  $P$  und  $p_{co}$  als Coordinaten, so liegen alle Punkte, bei denen Gleichgewichte vorhanden sind, auf einer Parabel, welche durch den Anfangspunkt geht. Denn Gleichung 1 ist die Gleichung einer Parabel.

2. Die Gleichung

$$\frac{p_{co}}{p_{co_2}} = P - \frac{p_{co}}{p_{co}} = \eta,$$

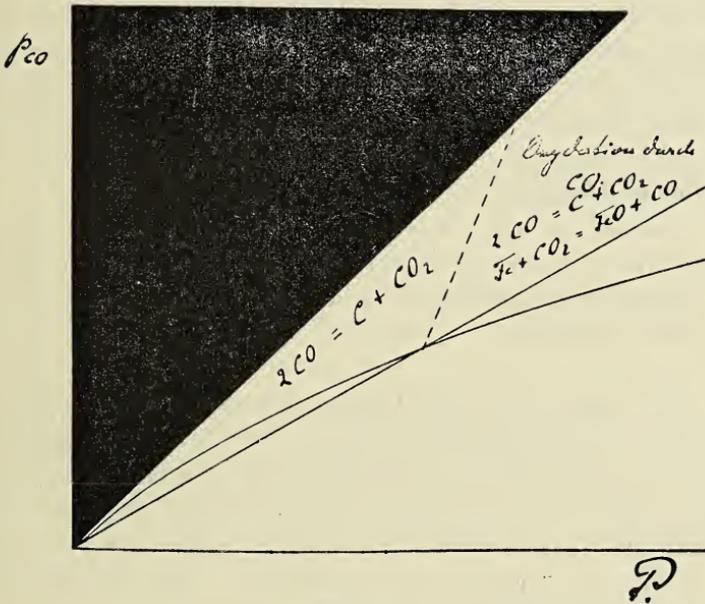


Fig. 1.

welche die Gleichgewichtsbeziehung zwischen Metall, Metall-oxydul und den beiden Oxyden des Kohlenstoffes zum Ausdruck bringt, wird durch eine Gerade zur Darstellung gebracht, welche ebenfalls durch den Anfangspunkt geht.

Die graphische Darstellung zeigt, dass die Gerade und die Parabel einen Schnittpunkt besitzen. In ihm sind beide Gleichgewichtsbedingungen erfüllt. Sowohl  $P$  als  $p_{co}$  sind durch die Gleichgewichtsconstanten  $\zeta$  und  $\eta$  ausdrückbar.

$$3 a) p_{co} = \frac{\zeta}{\eta},$$

$$3 b) P = \zeta \cdot \frac{\eta + 1}{\eta^2}.$$

Die Kenntniss dieser Drucke ist von Bedeutung für die Theorie des Hochofenprozesses. Man beobachtet ab und zu im Hochofen eine starke Abscheidung von fein verteiltem Kohlenstoff neben einer Reoxydation bereits reduciert gewesenen Metalles. Diese Erscheinung, welche zu schweren Betriebsstörungen, zum Hängenbleiben der Gichten, führt, kann nur dann eintreten, wenn die Summe der Partialdrucke der beiden Oxyde des Kohlenstoffes in Gegenwart von metallischem Eisen bei der herrschenden Temperatur grösser ist als der dem totalen Gleichgewicht entsprechende Druck.

Eine Reduction von Oxydul zu Metall durch Kohlenmonoxyd erfolgt nur dann, wenn dessen Druck kleiner ist als der Druck des totalen Gleichgewichtes. Diese Bedingung muss im Hochofen stets erfüllt sein.

Wir haben nun diese Drucke des totalen Gleichgewichtes innerhalb des Temperaturintervalles 500° bis 800° messend verfolgt. Um sie zu bestimmen, kann man so verfahren, dass man Kohlenmonoxyd von geeignetem Überdruck bei constanter Temperatur auf fein verteiltes metallisches Eisen einwirken lässt. Der Gasdruck vermindert sich allmählich, bis schliesslich der Gleichgewichtsdruck erreicht ist.

Das totale Gleichgewicht lässt sich aber auch auf einem zweiten Wege erreichen. Erhitzt man das Oxydul mit festem Kohlenstoff auf constante Temperatur, so erfolgt Reduction zu Metall und Oxydation des Kohlenstoffes zu einem Gemisch seiner gasförmigen Oxyde. Der Gasdruck steigt bis das Gleichgewicht erreicht ist. Dieser Weg führt sogar viel schneller zum Ziel, als der erste, bei dem namentlich die letzte Einstellung sehr viel Zeit erfordert. Das schliessliche Resultat ist aber, wie wir uns überzeugt haben, in beiden Fällen das gleiche.

Für beide Bestimmungsmethoden hat sich der gleiche Apparat als brauchbar erwiesen. An ein Rohr aus Quarzglas wurde ein Manometer mit Hilfe eines Schliffes angesetzt. Das Rohr hatte eine aus der beistehenden Figur erkennbare Gestalt. An einen weiteren Teil, der zur Aufnahme der Reactionsmasse bestimmt ist, ist ein langer, weiter Hals angesetzt, welcher zum Einfüllen des festen Stoffs, des Metalles oder der Mischung von Kohlenstoff und Oxydul dient. Den toten Raum, welcher durch den weiten Hals entsteht, und der zu Störungen Veranlassung geben könnte, haben wir dadurch beseitigt, dass wir ein an beiden Enden zugeschmolzenes und evacuirtes Quarzrohr, welches den Hals nahezu ausfüllt, in diesen hineingeschoben haben. Diese Einrichtung

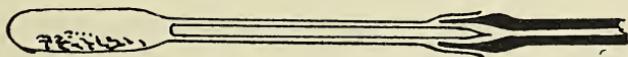


Fig. 2.

ersetzt vollkommen ein Capillarrohr. Der Teil zwischen dem Glas-Quarzschliff und dem Manometer war aus Capillarrohr gefertigt.

Die Druckänderungen wurden bei constantem Volumen beobachtet, zu dem Zwecke wurde das Quecksilber im linken Schenkel des Manometers stets auf die gleiche Marke eingestellt. Diese Einstellung wurde mit Hilfe eines beweglichen, durch Schlauch mit dem Manometer communicierenden, Quecksilberreservoirs bewirkt.

An das Capillarrohr sind seitlich zwei Dreiweghähne angesetzt, welche gestatten, den Apparat an die Quecksilberluftpumpe und an die Gasentwicklungsapparate anzuschliessen.

Es sind eine grosse Zahl von Versuchen sowohl nach der ersten als nach der zweiten der oben geschilderten Methoden ausgeführt worden.

Methode I. Einwirkung von Kohlenmonoxyd auf fein verteiltes Eisen:

Das Kohlenmonoxyd wurde erhalten durch Erwärmen von ameisensaurem Natrium mit conc. Schwefelsäure auf dem Wasser-

bade. Durch Waschen mit Wasser, Natronlauge und conc. Schwefelsäure wurde es von Verunreinigungen und Feuchtigkeit befreit.

Metallisches Eisen wurde in verschiedenen Formen zur Verwendung gebracht.

Als recht reactionsfähig erwies sich das sog. „Ferrum reductum“ des Handels, indessen haben wir auf seine Verwendung verzichtet, da es fast stets einen kleinen Gehalt an organischen Verunreinigungen enthält, die nicht ohne weiteres entfernt werden konnten und das Resultat beeinflussten.

Die höchste Reactionsfähigkeit zeigte ein nach der Vorschrift von Guntz aus electrolytischem Eisenamalgam erhaltenes Präparat. Das Quecksilber wurde bei hoher Temperatur im Vacuum abdestilliert, es ist aber sehr schwer vollständig zu entfernen. Man erhält stets zu hohe Druckwerte, da sich der Dampfdruck des in dem Amalgam enthaltenen Quecksilbers den Reactionsdrucken superponiert. Entfernt man den Quecksilbergehalt durch Erhitzen der Präparate auf 900° vollständig, so geht die Reactionsfähigkeit in beträchtlichem Maasse herab. Das Quecksilber ist in dem Amalgam offenbar chemisch gebunden oder in fester Lösung, wie aus der starken Depression seines Dampfdruckes geschlossen werden muss. [Die Messungen mit dem Amalgam-eisen finden sich in der Tabelle]. Die Störungen durch das anwesende Quecksilber nehmen mit steigender Temperatur zu.

Da wir so nicht recht zum Ziele kommen konnten, haben wir auf das feinverteilte auf Bimstein niedergeschlagene Metall zurückgegriffen, dessen sich Schenck und Zimmermann bei ihren Untersuchungen über die Spaltung des Kohlenmonoxydes bedient haben. Die Reactionsfähigkeit dieses Eisens ist zwar wesentlich geringer, die Einstellung des Gleichgewichtes ist, namentlich gegen das Ende der Reaction hin, eine recht langsame, aber es war dabei möglich unter einander übereinstimmende Werte zu erhalten, welche um so zuverlässiger sind, als sie auch mit den nach der anderen Methode erhaltenen befriedigend übereinstimmen.

Vor dem eigentlichen Versuch wurde der fertig zusammengestellte, mit dem Metallpräparat beschickte Apparat evacuirt, in einem electricisch geheizten Heräusofen erhitzt und mit Kohlenoxyd gefüllt. Das Evacuiren und Füllen mit Gas wurde des öfteren wiederholt und dann, wenn jeder Rest von Stickstoff aus dem Apparat entfernt war, die definitive Gasfüllung für die Bestimmungen vorgenommen. Die Einstellung des Gleichgewichtes brauchte mehrere Stunden; namentlich gegen Schluss muss man sich in Acht nehmen, dass man den Versuch nicht zu früh abbricht, das Ende der Reaction ist sehr schwer zu erkennen. Aus diesem Grunde ist es zweckmässiger, den anderen Weg einzuschlagen, bei dem man über das Ende der Reaction nicht im Zweifel sein kann und bei dem man sicher ist, dass der Enddruck auch wirklich dem totalen Gleichgewichte entspricht.

Methode II. Einwirkung von Kohlenstoff auf Eisenoxydul.

Die für den Versuch nötige Mischung von Eisenoxydul und Kohlenstoff wurde durch mehrmaliges Behandeln von metallischem Eisen (Eisenbimsteinpräparat) mit Kohlenmonoxyd im Apparat bei circa 400° erhalten. Wenn das Präparat genügend weit in Eisenoxydul und Kohlenstoff überführt war, wurde der Apparat evacuirt und auf die Untersuchungstemperatur erhitzt. Die Entwicklung der Gase Kohlenmonoxyd und Dioxyd erfolgt ziemlich schnell und der Gleichgewichtsdruck wird in sehr viel kürzerer Zeit erreicht als bei Verwendung von Methode I.

Die Bestimmungen erfolgten bei verschiedenen Temperaturen innerhalb des Intervalles 400°—800°. Die Temperaturen wurden mit Hilfe eines von der Reichsanstalt geprüften Le Chatelierschen Thermoelementes und eines Pyrometers von Siemens und Halske bestimmt unter Anwendung aller Cautelen.

Die Resultate der Messung finden sich in der folgenden Tabelle:

<i>Fe</i> -Präparat.	Amalgameisen		Bimsteineisen		Bimsteineisen durch <i>CO</i> oxydiert ( <i>FeO</i> + <i>C</i> )	
Bestimmungsmethode	I.		I.		II.	
	Temp.	Gleichgew.-Druck	Temp.	Gleichgew.-Druck	Temp.	Gleichgew.-Druck
	—	—	469°	10,9 mm	468°	10,3 mm
	500°	41,8 mm	—	—	—	—
	560	133,2 "	—	—	540	30,0 mm
	600	201,0 "	600	65 mm	—	—
	655	482,1 "	—	—	620	81,5 mm
	673	612,5 "	—	—	669	169,2 mm
	700	660,5 "	703	308 mm	—	—
	—	zu hoch	719	395,8 mm	728	438,4 mm
	—	—	—	—	778	750,0 mm
	—	—	—	—	780	780,0 mm

Die Messungen sind sämtlich wiederholt angeführt worden. Die Schlüsse, welche sich aus ihnen für die Theorie des Hochofens ziehen lassen, sind am Schlusse der Abhandlung zusammengestellt.

### B. Die gegenseitigen Beziehungen der verschiedenen Kohlenstoffmodificationen.

Die Drucke des totalen Gleichgewichtes zwischen Eisenoxydul, Eisen, festem Kohlenstoff und den gasförmigen Oxyden des Kohlenstoffes haben sich nun auch verwenden lassen, um die gegenseitigen Beziehungen der verschiedenen Kohlenstoffmodificationen zu bestimmen. Diese Aufgabe war bisher nicht lösbar, da man vom Kohlenstoff weder Dampfdrucke noch Löslichkeiten hat messen können.

Es ist ohne weiteres klar, dass, wenn die verschiedenen Formen des Kohlenstoffes Diamant, Graphit und amorphe Kohle verschiedene Beträge an freier Energie besitzen, auch die Gleichgewichtsconstanten zwischen Kohlenstoff, Kohlenmonoxyd und

Kohlendioxyd — die Werte von  $\zeta$  — verschiedene Grösse besitzen müssen. Je grösser die freie Energie einer Kohlenstoff-modification ist, um so energischer wird sie als Reduktionsmittel wirken und um so grösser wird ceteris paribus der Gehalt des Gasgemenges, welches mit dem Kohlenstoff im Gleichgewicht steht, an Kohlenoxyd sein. Je grösser die freie Energie ist, um so grösser wird der Wert für  $\zeta$  werden.

Wenn wir nun Eisenoxydul mit dem Pulver der verschiedenen Kohlenstoffformen reduciren, so müssen wir verschiedene Gleichgewichtsdrucke erhalten, denn es gilt ja für das totale Gleichgewicht die Beziehung

$$P = \zeta \cdot \frac{1 + \eta}{\eta^2},$$

für die verschiedenen Formen müssen wir schreiben:

$$P_1 = \zeta_1 \cdot \frac{1 + \eta}{\eta^2}; \quad P_2 = \zeta_2 \cdot \frac{1 + \eta}{\eta^2}; \quad P_n = \zeta_n \cdot \frac{1 + \eta}{\eta^2}.$$

Daraus ergibt sich die einfache Beziehung, dass die Gleichgewichtsconstanten der verschiedenen  $\zeta$ -Werte in demselben Verhältniss zu einander stehen wie die beobachteten Drucke

$$\zeta_1 : \zeta_2 : \dots : \zeta_n = P_1 : P_2 : \dots : P_n.$$

Wir haben nun in dem oben beschriebenen Apparat eine Mischung von Eisenoxydul mit dem Pulver der verschiedenen Kohlenstoffformen reducirt und den Druck der entwickelten Gase bei den verschiedenen Temperaturen bestimmt.

Das Eisenoxydul wurde gewonnen durch Erhitzen von trockenem Eisenoxalat im Vacuum auf ungefähr 300°, es soll das nach Liebig die zweckmässigste Methode sein, um sich Eisenoxydul darzustellen. Das Erhitzen erfolgte in dem Quarzrohr des fertig zusammengestellten Apparates, der Kohlenstoff, mit dem das Oxydul erst bei den höheren Temperaturen reagiert, wurde dem trocknen Oxalat von vornherein zugemischt, er erleidet ja bei 300° keinerlei Veränderung und kann bei dieser Temperatur weder auf das Oxydul noch auf das Oxalat einwirken.

Von den Kohlenstoffformen gelangten zur Verwendung gereinigte, sorgfältig ausgekochte Zuckerkohle, Diamantpulver (erhalten durch Zerstoßen von 5 Karat kleiner Diamantsplitter im Diamantmörser) und Graphit, welcher mit Natriumkaliumcarbonat geschmolzen und dann durch mehrfaches Auskochen mit Salzsäure und mit Wasser gereinigt war. Der Graphit war Ceylgraphit, welcher uns von Herrn Geh.-Rath Bauer in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt war.

Die Resultate der Untersuchung sind in der nächsten Tabelle übersichtlich zusammengestellt.

amorpher Kohlenstoff (Zuckerkohle)		Diamant		Graphit		CO-Kohle	
Temp.	Druck	Temp.	Druck	Temp.	Druck	Temp.	Druck
408°	5,6 "	—	—	500°	12,3 mm	468°	10,3 mm
465	10,4 "	480°	8,2 mm	536	27,3 "	540	30,0 "
560	161,7 "	500	22,0 "	550	36,8 "	—	—
590	314,5 "	530	54,1 "	567	49,2 "	—	—
627	546,8 "	550	88,8 "	582	59,3 "	—	—
649	750,1 "	563	134,7 "	609	77,5 "	600	65,0 "
—	—	586	228,5 "	629	101,8 "	620	81,5 "
—	—	641	521,3 "	640	111,0 "	—	—
—	—	675	725,1 "	680	204,4 "	669	169,2 "
—	—	—	—	700	287,3 "	703	308,0 "
—	—	—	—	732	462,5 "	719	395,8 "
—	—	—	—	755	574,2 "	728	438,4 "
—	—	—	—	—	—	778	750,0 "
—	—	—	—	—	—	780	780,0 "

Zum Vergleich mit den nach der eben beschriebenen Methode gefundenen Werten sind auch die Werte in die Tabelle aufgenommen worden, welche die Kohle liefert, welche durch Zersetzung von Kohlenoxyd in Gegenwart von Eisen sich bildet.

Wenn man die Abhängigkeit der Reductionsdrucke von der Temperatur graphisch zur Darstellung bringt, so sieht man, dass die Curven für den Graphit und für die Kohlenoxydkohle nahezu

vollständig aufeinander fallen. Daraus ergibt sich die Folgerung, dass die Kohlenoxydkohle dem Graphit zum mindesten sehr nahe steht.

Diese beiden Formen sind die stabilsten, ihre freie Energie ist bei gleicher Temperatur kleiner als die der anderen. Die höchsten Druckwerte finden wir bei der Zuckerkohle, sie ist ein weit energischeres Reductionsmittel als der Graphit.

Grosses Interesse hat begreiflicherweise die Frage nach der Stellung des Diamanten in der Reihe der Kohlenstoffformen. Innerhalb unseres Untersuchungsintervalles ist er im Vergleich zum Graphit metastabil, aber weniger labil als die amorphe Kohle. Er ist ein kräftigeres Reductionsmittel als der Graphit. Daraus ist zu schliessen, dass innerhalb des Untersuchungsintervalles im Falle einer Umwandlung der Diamant stets in Graphit übergeht. Die Frage, ob es Temperaturen giebt, bei denen dieses Verhältniss sich umkehrt, lässt sich auf Grund unserer Beobachtungen nicht beantworten, denn wir dürfen keine Extrapolationen über den weiteren Verlauf der Curve des totalen Gleichgewichts bei hohen Temperaturen machen. Einen Schnittpunkt der verschiedenen Druckcurven haben wir nicht mit Sicherheit constatieren können. Zwar hat es den Anschein, als schnitten sich die Diamant- und die Graphitcurve bei circa  $490^{\circ}$ , aber bei der Kleinheit der dort herrschenden Drucke können kleine Messungsfehler leicht zu Täuschungen Veranlassung geben.

### C. Gleichgewichte zwischen Mangan, Manganoxydul, Kohlenstoff und seinen gasförmigen Oxyden.

Zu den Metallen, welche eine Spaltung des Kohlenoxydes in intensivster Weise herbeiführen, gehört das Mangan. Dass die Einwirkung eine sehr heftige ist, dass sich das Mangan dabei unter Umständen bis zum Glühen erhitzt, ist bereits von Guntz beobachtet worden.

Das Mangan ist sehr viel leichter oxydabel als das Eisen, infolgedessen muss der Wert der Constanten des Gleichgewichtes

zwischen Mangan, Manganoxydul, Kohlenoxyd und Kohlendioxyd grösser sein als der entsprechende für das Eisen. Daraus folgen bei der Betrachtung von Gleichung 3 b Druckwerte, die kleiner sind als die beim Eisen. Denn der Druck des totalen Gleichgewichtes ist um so kleiner, je oxydabler das Metall ist. Dieser Schluss ist nun durch den Versuch völlig bestätigt worden.

Die Versuchsanordnung war die gleiche wie beim Eisen. Die Beobachtungen wurden nach der Methode I angestellt. Das Manganpräparat war nach dem Goldschmidt'schen Verfahren dargestelltes und wurde in fein gepulvertem Zustande verwendet.

Innerhalb der Temperaturen 500<sup>o</sup> bis 1100 ist die Reaktionsgeschwindigkeit eine ausserordentlich grosse. Das Kohlenoxyd wird fast momentan umgesetzt und zwar wird es quantitativ in Kohlenstoff übergeführt, der Sauerstoff zur Oxydation des Metalles verbraucht. Man erhält ein nahezu vollständiges Vacuum im Reactionsgefäss.

Messbare Drucke erhält man erst bei Temperaturen um 1200<sup>o</sup> herum.

Wir beobachteten folgende Werte:

Temp.	Gleichgewichtsdruck
1200 <sup>o</sup>	10 mm
1229	15,3 „

Oberhalb dieser Temperaturen sind die Quarzgefässe für diese Reaction nicht mehr zu brauchen.

Einmal fängt das Mangan an das Quarzglas zu reducieren und zweitens trübt sich das amorphe Siliciumdioxyd, indem es entglast und brüchig wird.

#### D. Folgerungen für die Theorie des Hochofenprozesses.

Aus den Ergebnissen dieser Abhandlung lassen sich einige Schlüsse auf die Vorgänge im Eisenhochofen ziehen.

1. Um Reduction des Eisenoxyduls im Hochofen zu erzielen, muss die Summe der Partialdrucke von Kohlenmonoxyd und

Kohlendioxyd kleiner sein als der bei der gegebenen Temperatur herrschende Druck des totalen Gleichgewichtes.

Ist der Druck grösser, so werden Kohlenmonoxyd und Kohlendioxyd bereits fertig gebildetes Eisen unter Abscheidung festen Kohlenstoffes oxydieren.

Die Summe der Partialdrucke der beiden Gase kann nicht über eine Drittel-Atmosphäre hinausgehen, die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft gestattet höhere Werte nicht.

Wenn die Temperatur im Hochofen über  $690^{\circ}$  liegt, so sind die Gleichgewichtsdrucke unter allen Umständen grösser als der Druck der beiden Gase im Hochofen. Unter diesen Umständen können die Gase, besonders da sie sich in Berührung und Gleichgewicht mit festem Kohlenstoff befinden, reducierend wirken.

Die Verhältnisse würden sich verschieben, wenn man an Stelle atmosphärischen Windes sauerstoffreichere Gase verwenden würde. Dadurch geht die Summe der Partialdrucke von den beiden gasförmigen Oxyden des Kohlenstoffes in die Höhe und mit ihr die Gleichgewichtstemperatur. Bei Verwendung reinen Sauerstoffes, wenn der Druck der beiden Oxyde eine Atmosphäre beträgt, dürfte die Temperatur, falls man Reduction des Oxyduls zu Metall erreichen will, nicht unter  $780^{\circ}$  heruntergehen.

2. Sinkt die Temperatur durch Betriebsstörungen an solchen Stellen, an denen bereits reducirtes Eisen vorhanden ist, unter die Gleichgewichtstemperatur herunter, so kommt es zur Reoxydation des Metalles und Abscheidung feiner Kohle, welche unter Umständen ein Hängenbleiben der Gichten verursachen kann.

3. Änderungen der Gleichgewichtstemperatur treten auf, wenn man manganhaltige Erze verwendet, denn die Gleichgewichtsdrucke des Mangans sind niedriger als die des reinen Eisens; die Gleichgewichtstemperaturen für den Kohlenoxyd- und Kohlendioxydgehalt der Hochofengase liegen höher als dort. Die Folge davon ist, dass bei stark manganhaltigem Eisen leichter Kohlenstoffabscheidung und Reoxydation erfolgen kann als bei manganfreiem.

4. Bei den Temperaturen, welche über der Gleichgewichtstemperatur liegen, wird die Zusammensetzung der Hochfengase, das Verhältniss von  $CO : CO_2$ , lediglich durch das Gleichgewicht Kohlenstoff, Kohlenmonoxyd, Kohlendioxyd bedingt. Das Eisen selbst kann das Verhältniss nicht beeinflussen, es sorgt infolge seiner katalytischen Eigenschaften nur dafür, dass die Gleichgewichte sich schnell einstellen. Da in dem Hochofen ein Temperaturgefälle von unten nach oben herrscht, und die Menge des Kohlenoxydes mit fallender Temperatur und constantem Drucke in dem Gleichgewichtsgemisch abnimmt, so nimmt die Menge des vorhandenen Kohlendioxydes im Hochofen von unten nach oben zu.

5. Das Gleichgewicht zwischen Kohlenstoff, Kohlendioxyd und Kohlenmonoxyd wird sehr stark beeinflusst durch die Art der verwendeten Kohle. Infolgedessen muss die Zusammensetzung der Hochfengase bei Verwendung amorpher Holzkohle — natürlich gleiche Temperatur vorausgesetzt — eine andere sein als bei Verwendung von Coaks, welcher dem Graphit in seinem Verhalten nahe steht. Ein Holzkohlengas ist unter gleichen Umständen reicher an Kohlenoxyd als Coaksgas. Die grössere Reductionskraft ist nicht allein auf die grössere Porosität zurückzuführen, sondern vor allen Dingen auf den höheren Betrag an freier Energie, welchen die labilere Modification besitzt.

6. Die Temperaturen des totalen Gleichgewichtes liegen beim Holzkohlenhochofen niedriger als beim Coaksofen, infolgedessen ist die Gefahr der Reoxydation dort nicht so gross wie bei der Verwendung von Coaks.

---

## Bestimmung von Umwandlungspunkten Heusler'scher Mangan-Aluminium-Bronzen.

Von E. Take.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 13. August 1904).

Zunächst werde ich mit kurzen Worten auf die Natur der Bronzen eingehen, welche Herr Heusler durch Legieren des 30% Mangankupfers des Handels mit verschiedenen Mengen Aluminium herstellte. Magnetometrische Untersuchungen<sup>1)</sup> dieser Legierungen ergaben, dass dieselben trotz der äusserst geringen Magnetisierbarkeit<sup>2)</sup> der Bestandteile zum Teil eine sehr grosse

1) Über die ferromagnetischen Eigenschaften von Legierungen unmagnetischer Metalle. Von Fr. Heusler und — unter Mitwirkung von F. Richarz — von W. Starck und E. Haupt. Erschienen in den Schriften der Ges. z. Bef. d. ges. Naturw. zu Marburg, Band 13, 5. Abteilung, S. 237—300, 1904. Marburg, N. G. Elwert'sche Verlagsbuchhandlung. Verh. d. D. Phys. Ges. 5, 219—232, 12. Juni 1903.

2) Über die Suszeptibilität von *Cu*, *Al*, *Mn*, *Sb*, *Bi* und *Sn* finden sich in der Literatur folgende Angaben: Kupfer hat [Dressel, Lehrbuch der Physik, 2. Aufl. 1900, S. 680] die Suszeptibilität  $\kappa = -1,27 \cdot 10^{-6}$ ; für Aluminium ist  $\kappa \cdot 10^6 = +1,88$  [A. P. Wills, Philos. Magaz. (5) 45, p. 443, 1898]. Über die Suszeptibilität des Mangans zeigen die Angaben der verschiedenen Autoren einige Differenzen: nach E. Seckelson [Wied. Ann. 67, 37, 1899] ist elektrolytisches Mangan [Bunsen] sehr wenig magnetisierbar. Momentan werden im Physikal. Institut zu Marburg von Herrn W. Gebhardt verschiedene Mangan-Proben auf ihre Magnetisierbarkeit hin untersucht, es scheint  $\kappa \cdot 10^6$  etwa von der Grössenordnung  $+50$  zu sein. Antimon und Wismuth sind diamagnetisierbar; es sind  $\kappa \cdot 10^6 = -ca. 5,58$  bzw.  $-14,1$  [A. Winkelmann, Handb. d. Phys. III, 2, p. 205 u. 207, 1900]. Für die Suszeptibilität des Zinns fand E. Seckelson (Wied. Ann. 66, 722, 1898) im Mittel den Wert  $\kappa = +0,32 \cdot 10^{-6}$ .

Das von Herrn Heusler verwendete Mangankupfer enthält übrigens noch geringe Spuren *Fe*. Um die eventuell hierdurch bedingte Magnetisierbarkeit zu ermitteln, wurde Mangankupfer mit absichtlich hoch ge-

Susceptibilität besitzen. Der höchste Wert der Magnetisierbarkeit ist etwa  $\frac{1}{3}$  so gross wie derjenige des magnetisch besten Eisens. Weiter ergab sich, dass zunächst mit wachsendem Aluminium-Gehalt die Magnetisierbarkeit zunimmt; für den Fall, dass das Atom-Verhältnis von Mangan zu Aluminium gleich 1 wird, scheint die Susceptibilität ihr Maximum zu erreichen und von da ab wieder langsam abzunehmen.

Herr Heusler stellte auch noch Legierungen her, welche sich von den obigen nur durch einen geringen Bleizusatz unterscheiden. Durch letzteren wird die Magnetisierbarkeit nicht unerheblich verstärkt, so ergibt z. B. die bleihaltige Bronze  $P_{10}$  für ein Feld von 150 abs. Einh. eine Induktion  $\mathfrak{B} = \text{ca. } 6500 \text{ cm}^{-1} \cdot \text{g}^{1/2} \cdot \text{sec}^{-1}$ .

Versuche, durch Legieren des 30% Mangankupfers mit Zinn, Antimon und Wismuth<sup>1)</sup> stark magnetisierbare Körper zu erhalten, hatten wenig oder keinen Erfolg. Die Antimon- und Wismuth-Legierungen waren zu schwach magnetisierbar, um einen Vergleich zu ermöglichen; etwas stärker ergab sich die Susceptibilität der Mangan-Kupfer-Zinn-Verbindungen, der grösste Wert der Induktion  $\mathfrak{B}$  wurde gleich 1500 abs. Einh. für ein Feld von 150 C. G. S. ermittelt. Es scheint hier ein Maximum der Magnetisierbarkeit zu existieren für den Fall, dass das Atom-Verhältnis von Mangan zu Zinn gleich 3 wird.

Ferner hat Herr Heusler in Gemeinschaft mit den Herren Starck und E. Haupt sehr interessante Resultate über die starke Abhängigkeit der magnetischen Eigenschaften dieser Bronzen von ihrer thermischen Vorgeschichte ermittelt, welche Abhängigkeit insbesondere auch schon für die Hysterese konstatiert wurde (S. 273 [37]). Wegen weiterer Einzelheiten sei auf die ausführliche Publikation<sup>2)</sup> verwiesen.

wähltem Eisengehalt untersucht. Indessen erwies sich selbst ein 1,2% Eisen enthaltendes Mangankupfer als magnetometrisch unmessbar [E. Haupt, l. c. S. 25 und 31]. Der Eisengehalt der Heusler'schen Bronzen schwankt um etwa 0,4% herum.

1) Vgl. Fussnote 2 auf S. 1.

2) Vgl. Fussnote 1 auf S. 1.

Es bietet nun offenbar ein grosses Interesse, die Umwandlungs-Erscheinungen dieser hoch interessanten Legierungen zu studieren, und zwar sowohl die Temperaturen, bei denen eine plötzliche Abnahme bzw. der Verlust der ferromagnetischen Natur dieser Körper erfolgt, wie allgemein diejenigen Punkte, welche sich beim Überschreiten der Trennungslinien zweier Phasen als Umwandlungspunkte zu erkennen geben.

Mit der Untersuchung dieser Fragen hatte ich bereits vor meiner Promotion begonnen. Indessen wurden mit Genehmigung<sup>1)</sup> der Hohen Philosophischen Fakultät zu Marburg die seinerzeit bereits ausgeführten Messungen von einer Veröffentlichung in der Inaugural-Dissertation ausgeschlossen, da mir sehr daran gelegen war, die interessanten Beziehungen noch weiter zu verfolgen. Über die vervollständigten bisher noch nicht publizierten Untersuchungen habe ich dann in der Sitzung der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg vom 13. August 1904 vorgetragen.

### **Methoden zur Bestimmung von Umwandlungspunkten.**

Es dürfte wohl zweckmässig sein, an dieser Stelle zunächst einige allgemeine Bemerkungen über die Untersuchung von Umwandlungspunkten<sup>2)</sup> einzuflechten.

Handelt es sich um ferromagnetische Körper, speciell um die kritischen Temperaturen, bei denen die Umwandlung des magnetisierbaren oder unmagnetisierbaren Zustandes stattfindet, so macht man ballistische Aufnahmen des Materiales bei verschiedenen Temperaturen.

Einfacher, zuweilen aber weniger sicher, gelangt man in vielen Fällen auch zur Kenntnis der magnetischen Umwandlungspunkte nach zwei Methoden, welche meist bei der Untersuchung kondensierter Systeme in Anwendung gebracht werden, mit Hilfe deren man also allgemein die Struktur-Umwandlungen

1) Vgl. S. 139 meiner Inaug.-Dissert. Marburg 1904.

2) Vgl. E. Take, Historisches und Theoretisches über Umwandlungspunkte. Inaug.-Dissertation, Teil II. Marburg 1904.

bestimmen kann. Es sind dies die dilatometrische und thermometrische Methode. Es leuchtet ein, dass sich nach einer dieser Methoden nicht alle Umwandlungspunkte unbedingt ergeben müssen, dass nämlich in Gegenden, wo sich ein vollständig normales Verhalten der Dilatation oder des Temperatur-Anstieges zeigt, dennoch Umwandlungspunkte liegen können. Allgemein könnte man ja zur Bestimmung von Umwandlungspunkten die Abhängigkeit irgend einer Eigenschaft von der Temperatur bei konstantem Drucke bestimmen und zusehen, ob diese Funktion mehr oder minder plötzlich irgendwo einen anomalen Verlauf (Knick) oder Diskontinuität zeigt. Indessen ist es nicht gleichgültig, für welche Eigenschaft wir die Abhängigkeit von der Temperatur aufstellen; es kann bei der Umwandlungs-Temperatur die anomale Änderung einer der Eigenschaften ausbleiben, während sie bei allen anderen Eigenschaften noch existiert<sup>1)</sup>.

Bestimmt man also die Abkühlungskurve eines Körpers, d. h. die Abhängigkeit seines Energie-Inhaltes von der Zeit, so kann man daraus auf die Abwesenheit irgend eines Umwandlungs-Punktes keine Schlüsse ziehen; ebensowenig lässt sich das ausführen auf Grund einer Dilatationskurve.

Es ist also wohl möglich, aus der Betrachtung einer Isobare allein einen Umwandlungspunkt nicht zu erkennen.

Zum Studium der Umwandlungs-Erscheinungen Heusler'scher Legierungen ist es also dringend erforderlich, Untersuchungen nach mehreren Methoden auszuführen; nur dann wird es möglich sein, die bei den Mangan-Aluminium-Bronzen auftretenden Umwandlungen aufzuklären und von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus zu betrachten; so wird man auch versuchen können, die Gleichgewichtszustände des Systems Mangan-Kupfer-Aluminium vom Standpunkte der Gibbs'schen Phasentheorie aus zu beleuchten; die Verhältnisse scheinen hier um

---

1) R. v. Sahmen und G. Tammann, Ann. d. Phys. (4) 10. 879. 1903.

vieles einfacher zu liegen als bei dem komplizierten System der Eisen-Kohlenstoff-Verbindungen mit seinen vielen Formelementen.

Bisher habe ich die Umwandlungen einiger Legierungen nach zwei Methoden untersucht: Zunächst ermittelte ich ihre magnetischen Umwandlungspunkte durch ballistische Messungen mittels des Hopkinson'schen Schlussjoches. Gleichzeitig — in wechselnder Folge — bestimmte ich in einem Dilatometer den Verlauf der Längen-Änderungen dieser Bronzen bis zu 300°. Letztere Versuche wurden alsdann noch bis zu Temperaturen von 520—530° ausgedehnt.

Ungleichempfindlicher als die dilatometrische ist die thermometrische oder kalorimetrische Methode; ihr verdanken wir auch auf dem Gebiete der Eisen-Kohlenstoff-Verbindungen unsere eingehendsten Kenntnisse. Es sollen daher auch in dieser Richtung Messungen vorgenommen werden, mit deren Vorbereitungen Herr W. Geßhardt im Physikalischen Institute zu Marburg bereits begonnen hat. Sodann hat sich noch Herr E. Heyn erboten, durch mikrographische Untersuchungen polierter, geätzter Schiffe weitere Aufklärungen zu verschaffen.

### **Umwandlungen Heusler'scher Bronzen.**

Einer Untersuchung nach ballistischer und dilatometrischer Methode wurden 7 Heusler'sche Legierungen unterworfen; von diesen waren fünf reine Mangan-Aluminium-Bronzen, während die beiden anderen (M 8 und P 6) noch einen geringen Bleizusatz enthielten. Die untersuchten Körper haben folgende Bezeichnungen und Zusammensetzung<sup>1)</sup>:

---

1) Die in der Tabelle angegebenen Bestandteile der einzelnen Bronzen geben nur angenäherte Werte; die genaueren Analysen sind noch nicht fertig gestellt, sie können daher erst in der ausführlichen Publikation mitgeteilt werden. Vgl. auch S. 10 Zeile 27—32.

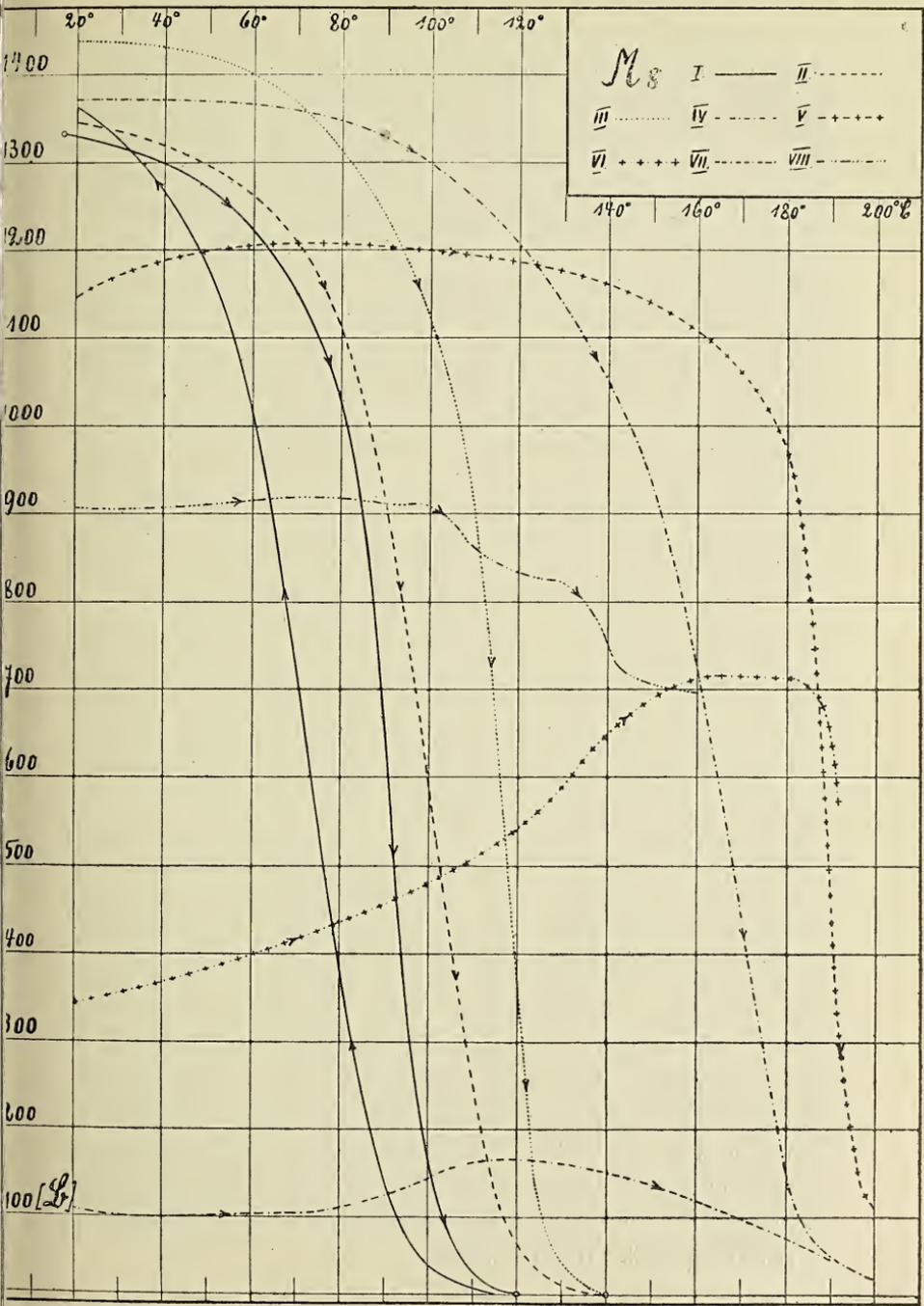
M 8	∞ 21 Mn	Guss 1	∞ 21 Mn
M 8	∞ 21 Mn	Guss 2	∞ 16—17 Mn
P 6	∞ 16 Mn; 8 Al	36 a	∞ 30 Mn; 10 Al
70	∞ 17—18 Mn; 8—9 Al	71	∞ 25 Mn; 14 Al

Sämtliche Bronzen kamen in nicht künstlich gealtertem Zustande zur Untersuchung; allerdings lagen zwischen Guss und erster ballistischer Messung teilweise mehrere Monate. Nur von der Probe M 8 standen zwei Gussstücke zur Verfügung. Das eine derselben — welches im folgenden mit M 8 bezeichnet werden möge, — wurde nach dem Guss zunächst durch 50stündiges Erhitzen bei der Siedetemperatur des Toluols (110°) „gealtert“ und erst in diesem Zustande untersucht.

Es sollen jetzt in grossen Zügen die erhaltenen Versuchsergebnisse dargestellt werden; eine ausführlichere Publikation ist demnächst für die „Annalen der Physik“ in Aussicht genommen.

#### M 8 und Guss 1.

Um einen besseren Überblick zu gewinnen, sind die ballistischen Aufnahmen von M 8 in ihren wesentlichsten Typen in Fig. 1 graphisch dargestellt. Als Abscissen sind die Temperaturen und als Ordinaten die zugehörigen Induktionswerte  $\mathfrak{B}$  aufgetragen. Wie man aus diesen Aufzeichnungen (Curve I) ersieht, nimmt die Magnetisierbarkeit der ungealterten bleihaltigen Bronze M 8 mit wachsender Temperatur sofort stark ab, bis bei 120° ganz allmählich der kritische Punkt ( $\mathfrak{H} = 8,6 \text{ cm}^{-1} \text{ g}^{1/2} \text{ sec}^{-1}$ ) erreicht wird: die Bronze ist so gut wie unmagnetisierbar; sie verbleibt in diesem Zustande, wenn man die Temperatur noch höher treibt. Ohne indessen den magnetischen Umwandlungspunkt allzu weit zu überschreiten, überliess ich die Probe bei 130° einer langsamen Abkühlung (Curve I); bei 115° stellte



sich, der Beginn der Rückverwandlung in den ferromagnetisierbaren Zustand ein. Mit weiterer Abnahme der Temperatur stieg jetzt die Magnetisierbarkeit wieder sehr schnell an, sie strebte aber nicht dem alten Werte zu, sondern es machte sich eine Art von „Alterung“ geltend, insofern nach Abkühlen auf Zimmer-Temperatur die Bronze eine höhere Magnetisierbarkeit angenommen als sie zuvor, unmittelbar nach dem Guss, besessen hatte. Ganz analoges Verhalten zeigte M 8 bei einer zweiten (Curve II) und dritten (Curve III) Erwärmung bzw. Abkühlung, nur fand sich, dass die Umwandlungs-Temperatur keine konstante Lage hat, sie stieg bei der zweiten Erwärmung auf  $140^{\circ}$  und verblieb daselbst auch bei der dritten Versuchsreihe. Charakteristisch für die bisherigen Umwandlungs-Erscheinungen der bleihaltigen Bronze M 8 ist noch der geringe Wert der Temperatur-Hysteresis, welcher in obigen drei Fällen nur  $5^{\circ}$  betrug.

Völlig abweichend vom bisherigen Verhalten zeigte sich die Legierung bei einer 4. Erwärmung (Curve IV): Auch hier nahm die Magnetisierbarkeit mit steigender Temperatur von Anfang an ab, aber in einer weit langsameren Masse als in den drei ersten Fällen. Einen wesentlichen Unterschied zeigte indessen die Lage der kritischen Temperatur. Dieselbe befand sich nicht mehr bei  $140^{\circ}$ , sondern etwa  $70^{\circ}$  höher bei ca.  $210^{\circ}$ . Den Umwandlungspunkt selbst erreichte die Bronze nicht, bereits  $10^{\circ}$  tiefer, bei  $200^{\circ}$ , wurde die Erwärmung abgebrochen. Es fand sich ferner, dass diesmal nach der Abkühlung auf Zimmer-Temperatur auch keine Verstärkung der Magnetisierbarkeit eintrat; dieselbe wurde sogar bedeutend kleiner als sie zu Anfang des Versuches gewesen war. Ein abermaliges 5. Erhitzen (Curve V) zeigte im wesentlichen dasselbe Verhalten wie die 4. Erwärmung. Die Magnetisierbarkeit nahm dieses Mal mit steigender Temperatur zunächst etwas zu, um so schroffer war dann nachher der Abfall bei Annäherung an den magnetischen Umwandlungspunkt; letzterer lag auch nicht mehr bei  $210^{\circ}$ , sondern, wie aus dem Verlauf der Curve V zu schliessen ist, vermutlich noch  $20-30^{\circ}$  höher.

Leider war die Anwendung höherer Temperaturen als  $215^{\circ}$  durch die Konstruktion der zu den ballistischen Aufnahmen dienenden Spulen eine Grenze gesetzt: Jene Temperatur durfte nicht überschritten werden, weil sonst eine Verkohlung der seidenen Drahtumspinnungen begonnen hätte.

Auch dieses Mal, bei der 5. Versuchsreihe, wurde der Umwandlungspunkt daher nicht erreicht. Um nun die kritische Temperatur einmal überschreiten zu können, untersuchte ich die Bronze jetzt im Dilatometer: die durchaus regelmässige Dilatation wurde bei  $270^{\circ}$  durch eine ganz geringe Anomalie gestört. Offenbar entspricht dieser Punkt der magnetischen Umwandlung der Legierung. Nach Erhitzen bis auf  $300^{\circ}$  leitete ich eine langsame Abkühlung der Probe ein, auch die Rückverwandlung des magnetischen Zustandes machte sich jetzt bei  $230\text{--}240^{\circ}$  durch einen anomalen Verlauf der Kontraktion bemerklich. Indessen nahm der Probestab nach Abkühlung auf Zimmer-Temperatur nicht mehr seine vor der Dilatation gemessene Länge an; es ergab sich eine dauernde Contraction von  $\frac{4}{100}$  mm. Unmittelbar nach der Dilatation erfolgte noch eine ballistische Aufnahme: Die Magnetisierbarkeit war durch Überschreiten des bei  $270^{\circ}$  gelegenen Umwandlungspunktes  $\mathcal{G}_a$  qualitativ reversibel ( $\mathcal{G}_e = 240^{\circ}$ ); quantitativ indessen zeigte sich eine ganz bedeutende Abnahme; die Induktion  $\mathcal{B}$  betrug nur noch etwa ein Drittel von ihrem Anfangswert. Eine nochmalige Erhitzung (Curve VI) im Schlussjoch bis  $195^{\circ}$  ergab nunmehr auch eine wesentliche Änderung im Charakter der ballistischen Curve. Während bisher die Induktionswerte mit wachsender Temperatur abnahmen oder nur höchstens innerhalb des Anfangsstadiums der Erhitzung ganz minimal anwuchsen, ergab sich jetzt bis  $160^{\circ}$  eine regelmässige Steigerung der Induktion um etwa 100 % des Ausgangswertes, von  $190^{\circ}$  an erfolgte dann ein sehr schroffer Fall der Magnetisierbarkeit.

Ich versuchte nun, die Bronze M 8 durch ein von Herrn Heusler bei der künstlichen Alterung angewendetes Verfahren wieder in einen stärker magnetisierbaren Zustand zurückzuführen: Die Legierung wurde 48 Stunden lang in siedendem Anilin

(184°) gekocht, also bei einer Temperatur, die jedenfalls weit unterhalb der kritischen gelegen war. Das Resultat bestätigte jedoch die Erwartungen nicht, anstatt Verstärkung ergab sich bedeutende Abnahme der Magnetisierbarkeit; der ballistisch gemessene Induktionswert (Curve VII) war um nahezu 70% kleiner als vor der Erwärmung. Auffallend ist auch die Lage des Umwandlungspunktes, welcher sich wieder bei 200–210° befand (vgl. auch Curve IV).

Dies sind im wesentlichen die Resultate der ballistischen und dilatometrischen Untersuchungen von M 8. Die auffallendste Erscheinung bietet dabei offenbar die bei der 4. Versuchsreihe aufgetretene plötzliche Verschiebung der kritischen Temperatur  $T_a$  von 140° auf 210°. Wie letztere zu erklären ist, lässt sich natürlich noch nicht sagen, dazu sind weitere Aufnahmen, besonders mikrographische Untersuchungen erforderlich. Indessen sind Herr Heusler und ich der Ansicht, dass der Grund dieser überraschenden Erscheinung wahrscheinlich in der Rolle zu suchen ist, welche das Blei bei der Erniedrigung des Umwandlungspunktes der bleifreien Bronze spielt<sup>1)</sup>. Nimmt man an, dass das Blei durch das wiederholte Erhitzen auf höhere Temperaturen seine obige Eigenschaft in irgend einer uns noch unbekanntem Weise verloren hat, so könnte man vermuten, dass 210° vielleicht die Umwandlungs-Temperatur der bleifreien Bronze gleicher Zusammensetzung bedeutet. Um letztere Frage zu entscheiden, stellte mir Herr Heusler in liebenswürdiger Weise eine Bronze (Guss 1) her, welche sich von M 8 nur durch das Fehlen des Bleizusatzes unterscheiden sollte. Bekanntlich hat man es aber bei den Schwierigkeiten eines Gusses kleiner Mengen im Laboratorium nicht in der Hand, eine Bronze von genau vorgeschriebener Zusammensetzung herzustellen, es ist also möglich oder sogar wahrscheinlich, dass Guss 1 die Bestandteile Mangan und Aluminium in etwas anderen Mengen-

1) Ein analoges Verhalten zeigen die Eisen-Kohlenstoff-Legierungen (vgl. S. 82 meiner Inaug.-Diss. l. c.); ich werde in der ausführlichen Publikation näher hierauf eingehen.

verhältnissen als M 8 enthält. Ballistische Aufnahmen von Guss I ergaben nun, dass der Umwandlungspunkt  $\mathcal{J}_a$  dieser Legierung direkt nach dem Guss in der Tat bei etwa  $230-240^\circ$  gelegen ist; dieses Resultat scheint also unsere obige Vermutung zu bestätigen.

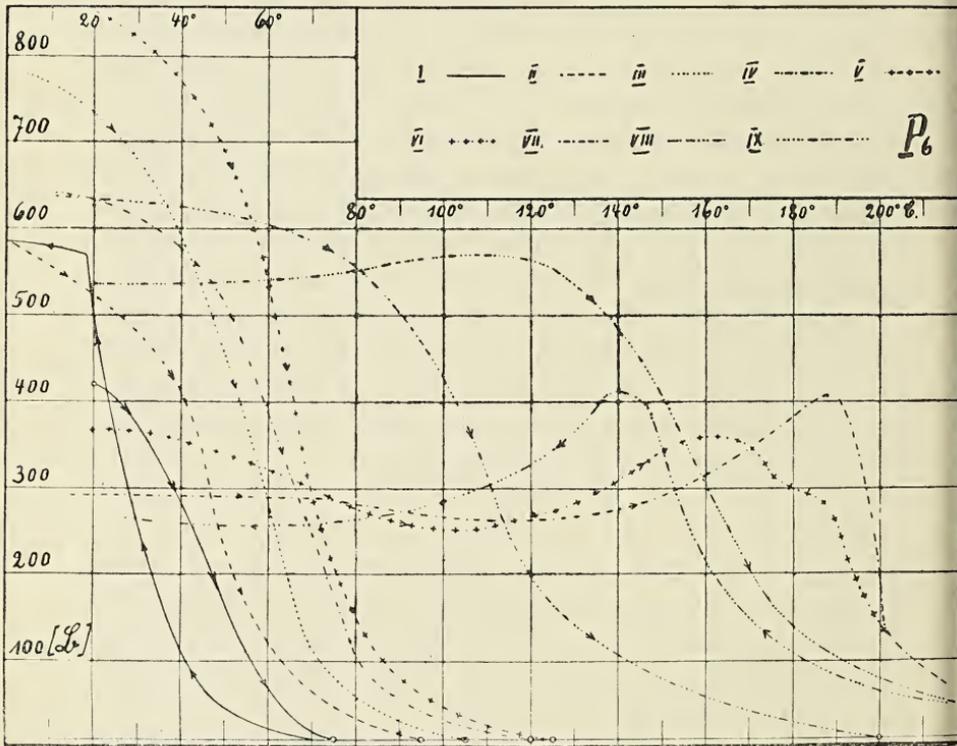
### M 8.

Von der Bronze M 8 standen mir (S. 6) zwei aus verschiedenen Güssen stammende Probestücke zur Verfügung. Dasjenige, dessen Verhalten im vorigen beschrieben, wurde ungealtert untersucht. Das andere (M 8) derselben erhitzte ich zunächst 50 Stunden lang in siedendem Toluol ( $110^\circ$ ) und untersuchte es dann nach der ballistischen und dilatometrischen Methode. Bei  $220^\circ$  war die Bronze noch ziemlich stark magnetisierbar, wengleich die ballistische Induktionskurve bereits in starker Senkung zum magnetischen Umwandlungspunkte hin begriffen war. Wo letzterer gelegen, ist nicht zu erkennen; eine dilatometrische Aufnahme bis  $300^\circ$  zeigte nicht die geringsten Spuren eines anomalen Verlaufes.

### P 6.

Bei erstmaligem Erhitzen (Fig. 2, Curve I) war der Umwandlungspunkt bei etwa  $75^\circ$  gelegen. Analog den Ergebnissen von M 8 zeigte sich beim Abkühlen nur eine geringe Temperatur-Hysteresis von etwa  $5^\circ$ , gleichfalls war nach der Wieder-Abkühlung auf Zimmer-Temperatur die Magnetisierbarkeit der Bronze gestiegen. Dasselbe Verhalten zeigte eine zweite (Curve II) und dritte (Curve III) Erwärmung, nur stieg dabei die kritische Temperatur der magnetischen Umwandlung auf  $95$  bzw.  $105^\circ$ . Es folgte jetzt eine Untersuchung im Dilatometer, welche eine ganz minimale Anomalie der Ausdehnung bei  $110-120^\circ$  aufwies. Eine nochmalige ballistische Messung (Curve IV) ergab sodann eine magnetische Umwandlungs-Temperatur von  $120^\circ$ . Ich wollte nun versuchen, auch hier wie bei M 8 durch wiederholtes starkes Erhitzen eine grössere sprungweise Verschiebung des

Umwandlungspunktes herbeizuführen; viermaliges Erhitzen auf  $140^{\circ}$  (Curve V) zeigte jedoch keinen Erfolg: Die kritische Temperatur blieb genau bei  $125^{\circ}$  liegen. Nunmehr erhitze ich P 6 noch höher bis etwa  $200^{\circ}$ , und jetzt ergaben erneute ballistische Aufnahmen (Curven VI und VII) einen gewaltigen Sprung des



Umwandlungspunktes um etwa  $110^{\circ}$ , dilatometrisch gab sich die jetzige Lage der Umwandlung bei  $230-240^{\circ}$  durch den anomalen Verlauf der Ausdehnung zu erkennen. Man hätte nun vermuten sollen, dass fernere ballistische Aufnahmen noch eine geringe Erhöhung der Umwandlungstemperatur ergeben würden: Indessen brachten Versuche in dieser Richtung ein sehr interessantes, unerwartetes Resultat: Durch die Erwärmung der Bronze im Dilatometer bis auf  $290^{\circ}$  war nunmehr die kritische Temperatur

wiederum gesunken (Curve VIII); sie lag jetzt bei  $200^{\circ}$ , also innerhalb des Intervalles von  $125-235^{\circ}$ , welches der Umwandlungspunkt nach der 6. Versuchsreihe übersprungen hatte. Eine nochmalige Erwärmung (Curve IX) von P 6 im Schlussjoche ergab wieder eine Erhöhung der kritischen Temperatur auf  $240^{\circ}$ .

### Guss 2.

Von besonderem Interesse ist nun die Frage, wie sich eine blei lose Mangan-Aluminium-Bronze von im übrigen gleicher Zusammensetzung wie P 6 verhält? Eine annähernd solche Legierung stand mir in Guss 2 zur Verfügung; die genaueren Analysen werden noch zeigen, wie weit Guss 2 und P 6 in ihren Bestandteilen differieren. Eine ballistische Untersuchung von Guss 2 ergab nun, dass die Temperatur der magnetischen Umwandlung direkt nach dem Guss bei  $125^{\circ}$  gelegen ist. Innerhalb acht weiterer, teils ballistischer, teils dilatometrischer Versuchsreihen stieg dann die kritische Temperatur allmählich bis auf  $210^{\circ}$ . Aus diesen Angaben ersieht man, dass also bei der bleihaltigen Bronze P 6 die kritische Temperatur der magnetischen Umwandlung bereits nach der 6. Versuchsreihe bis zur Umwandlungs-Temperatur ( $125^{\circ}$ ) der bleifreien Bronze „Guss 2“ gleicher Zusammensetzung gestiegen war. Das Blei, welches direkt nach dem Guss die im Verhältnis zu Guss 2 erniedrigten Umwandlungs-Temperaturen von P 6 bedingte, hat diese Eigenschaft offenbar schnell verloren. Indessen haben wir hier in qualitativer Hinsicht wohl denselben Zusammenhang (S. 10) wie zwischen M 8 und Guss 1. Wie nun aber der bei P 6 konstatierte Sprung der Umwandlungs-Temperatur von  $125^{\circ}$  auf  $230-240^{\circ}$  zu erklären, lässt sich vorläufig noch nicht einsehen, bevor weitere Versuche, besonders die mikrographischen an geätzten Schläfen, mehr Klarheit über die ganze Konstitution der Bronzen gebracht haben.

---

Ausser den bisher angeführten Legierungen wurden nach der ballistischen Methode noch die drei bleifreien Bronzen 36a, 70 und 71 untersucht. Es zeigten sich im wesentlichen dieselben Erscheinungen, welche bereits bei den bleifreien Bronzen Guss 1 und Guss 2 beobachtet wurden. Von besonderem Interesse ist hier der grosse Betrag der Temperatur-Hysteresis ( $20-30^{\circ}$ ), welcher bei 36a gefunden wurde.

Da nach dem Erhitzen der Bronzen bis zu ihrer kritischen Temperatur und darauf folgender Abkühlung die Magnetisierbarkeit in vielen Fällen zugenommen, so lag die Frage auf der Hand, ob sich mit weitergehender Abkühlung unter Zimmertemperatur noch bedeutende Verstärkung erreichen lässt. Versuche, welche in dieser Hinsicht bis zu einer Temperatur von  $-120^{\circ}$  angestellt wurden, ergaben jedoch, dass die untersuchten Bronzen durch die tiefe Abkühlung sozusagen unverändert geblieben waren.

Soweit bisher besprochen, wurden die dilatometrischen Untersuchungen der Bronzen nur um wenige Grad über die kritischen Temperaturen der magnetischen Umwandlungen hinaus ausgedehnt; letztere traten dabei nur durch äusserst geringe Anomalien zu Tage. Ich untersuchte nun noch die Bronzen im Dilatometer bis zu einer Temperatur von  $520^{\circ}$ , um etwaige oberhalb der magnetischen Umwandlungspunkte gelegene Struktur-Umwandlungen aufzufinden. Es zeigte sich, dass meist zwischen  $400^{\circ}$  und  $500^{\circ}$  weitere Umwandlungen erfolgen, welche dilatometrisch von teilweise sehr grossen Anomalien begleitet und in vielen Fällen selbst nach Abkühlen auf Zimmertemperatur noch irreversibel sind; gleichfalls ergaben sich in sämtlichen Fällen dauernde Längenänderungen. So waren nach der Dilatation bis  $520^{\circ}$  die Legierungen P 6, 36a, Guss 2 und 71 so gut wie unmagnetisierbar; Guss 1 und W 8 dagegen waren

nahezu unverändert. Völlig abweichend war das Verhalten von M 8 und 70: hier ergab sich neben dauernder Kontraktion Verstärkung der Magnetisierbarkeit; der ballistisch gemessene Induktionswert war im Verhältnis 11:10 bzw. 5:1 gewachsen. Nach einer nochmaligen Erhitzung von M 8 auf  $530^{\circ}$  war die Induktion nunmehr wiederum etwa auf das 5fache gestiegen (Fig. 1, Curve VIII). Schliesslich versuchte ich noch, die durch die Dilatation bis  $520^{\circ}$  geschwächten bzw. nahezu unmagnetisierbar gewordenen Bronzen durch langsames Abkühlen bis  $-185^{\circ}$  wieder in einen stärker magnetisierbaren Zustand zu versetzen, indessen waren diese Versuche fast ohne irgend einen Einfluss.

---

Herr Kiessling berichtet

#### über weitere **Kondensationsversuche**

die unter seiner Leitung im hiesigen physikalischen Institut von Herrn E. Barkow ausgeführt worden sind. Es handelt sich um die Einwirkung der Bestrahlung feuchter Luft mit ultraviolettem Licht. Die Eigenschaft des ultravioletten Lichtes, die Kondensation in feuchter Luft zu befördern, ist zuerst von Lenard und Wolf 1889 (Wied. Ann. 37.) gefunden worden; doch ist die Ursache der Erscheinung nicht richtig gedeutet worden. Lenard und Wolf liessen ultraviolette Strahlung einerseits auf feuchte, staubfreie in Glasgefässen eingeschlossene Luft wirken, die dann adiabatisch ausgedehnt wurde. Andererseits benutzten sie als Reagenz auf Kondensationswirkung die empfindlichen Veränderungen im Helmholtz'schen Dampfstrahl. Sie schrieben aber die Entstehung der Kondensation der Zerstäubung zu, welche die ultraviolette Bestrahlung an der Oberfläche der benutzten Quarzlinse hervorrufen sollte. R. v. Helmholtz und F. Richarz haben dann (Ann. 40, 1890) die Vermutung ausgesprochen, dass die wesentliche Quelle der Kondensation in der durch die ultraviolette Bestrahlung erzeugten Jonisation zu

suchen sei und haben die Richtigkeit ihrer Vermutung schon durch einen Versuch wahrscheinlich gemacht (l. c. pag. 186 u. 187). Sicher bestätigt wurde sie durch E. Simon (Wien. Ber. 104 (2), Juni 1895), durch C. T. R. Wilson (Proc. Roy. Soc. 64, 165 (1898); Naturw. Rundschau 14, 174 (1899) und Lenard selbst (Ann. d. Phys. (4) 1, 486 (1900)).

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich darum festzustellen, unter welchen Bedingungen der nach ultravioletter Durchstrahlung erzeugte Nebel homogen ist, d. h. alle Nebeltröpfchen von genau gleicher Grösse sind. Das Innere eines etwa 8 Liter fassenden kugelförmigen, mit filtrierter, gesättigter Luft gefüllten Glasgefässes wurde durch eine aufgekittete Quarzlinse hindurch mittels einer Quecksilber-Bogenlicht-Lampe durchleuchtet. Der nach der ersten Expansion entstehende sehr dichte Nebel ist nicht homogen; wird aber, nachdem dieser erste Nebel sich gesetzt hat, zum Druckausgleich wieder filtrierte, gesättigte Luft in das Glasgefäss eingelassen und dann die Expansion wiederholt, so entsteht ein homogener Nebel von grosser Dichtigkeit, so dass mittels elektrischen Bogenlichts die Beugungsringe in kräftig entwickelten Farben sich objektiv darstellen lassen. Es ist beachtenswert, dass, wenn der homogene Nebel sich gesetzt hat, ein bläulicher, das Gefäss gleichmässig erfüllender Dunst sehr lange Zeit bestehen bleibt. (Vergleiche die Untersuchungen von T. R. Wilson, Proc. Cambr. Soc. 9, 282, 1898; Phil. Trans. (A) 192, 403, 1899 und J. H. Vincent, Proc. Cambr. Soc. 12, 305, 1903).

Als Quelle der starken Kondensation muss nach den bis jetzt angestellten Untersuchungen die durch die ultraviolette Strahlung erzeugte Ionisation in der feuchten Luft angesehen werden. Diesen Vorgang kann man in folgender Weise erklären: die ultraviolette Strahlung besteht aus elektromagnetischen Wellen, deren Wellenlänge  $< 200 \mu\mu$  ist. Treffen nun solche Wellen auf eine Molekel, so muss eine kräftige Übertragung der periodischen Zustandsänderung dann eintreten, wenn die Periodendauer der auffallenden Wellen mit der Periodendauer eines der

elektrischen Elementarquanten der Molekel übereinstimmt. Dann findet ein Resonanzvorgang statt, der schliesslich dahin führen muss, dass die Molekel zerfällt d. h. sich in Ionen spaltet.

---

In der Diskussion bemerkte Herr F. Richarz zu dem Vortrage des Herrn J. Kiessling Folgendes. In denjenigen Fällen, in welchen Ionen die Ursache der Kondensation von Wasserdampf sind, müssen die einzelnen Tröpfchen elektrisch geladen sein, wie auch verschiedentlich nachgewiesen worden ist. Nun ist aber unter Anderem auch gerade in dem Falle der Kondensation durch ultraviolettes Licht das Vorhandensein ungeladener Tröpfchen durch Versuche wahrscheinlich gemacht worden. Dasselbe würde sich jedoch ungezwungen dadurch erklären, dass Tröpfchen, die ursprünglich je ein positives und ein negatives Ion als Kondensationskerne enthielten, sich zu elektrisch neutralen Tröpfchen vereinigen: das Vorhandensein der letzteren erscheint auf diese Weise sogar geradezu nicht nur als möglich, sondern als notwendig.

---

Aufgelegte Schriften:

88. Jahresbericht der naturf. Gesellsch. in Emden 1902/3.  
Emden 1904.
- Leopoldina. 40. Heft. No. 12 und Titel. Halle a. S. 1904.
- Memoirs and proceedings of the Manchester literary and philos.  
society 1904/5. 49. Bd. I. Th. Manchester 1905.
- Monthly list of publications. No. 507. Decbr. 1904.
- Proceedings of the American philosoph. society at Philadelphia.  
43. Bd. No. 177. Phil. 1904.
- Proceedings of the American Academy of arts and sciences.  
40. Bd. Nr. 8/9. Octbr. 1904.
- Proceedings of the Academy of natural sciences of Philadelphia.  
56. Bd. II. Th. April—Aug. 1904. Philadelphia 1904.

- Schriften des naturwiss. Vereins f. Schlesw.-Holstein. Register  
zu Bd. I—XII. Kiel I—XII.
- Sitzungsberichte der Niederrhein. Gesellsch. f. Natur. u. Heil-  
kunde zu Bonn 1904. 1. Hälfte. Bonn 1904.
- Sitzungsberichte der Gesellsch. f. Morphologie etc. in München.  
XX. Bd. 1904. Heft 1. München 1904.
- Smithsonian miscellaneous Collections. 44. Bd. 2. Suppl. u.  
Titel (1440). Washington 1904.
- Smithsonian miscellaneous Collections. 46. Bd. (Nr. 1477).  
Washington 1904.
- Smithsonian Annual report 1903. geb. Washington 1904.
- University of California publications. Botany. II. Bd. pag. 1/71.  
Berkeley 1904.
- Verhandlungen der naturforsch. Gesellsch. in Basel. 17. Bd.  
Basel 1904.
- Verhandlungen des naturforsch. Vereins in Brünn. 42. Bd.  
Brünn 1904.
- Verhandlungen des naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F.  
VIII. Bd. 1. Heft. Heidelberg 1904.
- Verhandlungen des naturhist. Vereins der Rheinlande. 61. Jahrg.  
1. Hälfte. Bonn 1904.
- Verhandlungen der k. k. geolog. Reichsanstalt 1904. No. 13,15.  
Wien.
- Zoologica. 42. Heft. 1/2. (XVII. Bd. 5,6. Lfg.). 4<sup>o</sup>.  
Stuttgart 1904.
-

# Sitzungsberichte

## der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

**M a r b u r g.**

---

---

**Nr. 4**

**Mai**

**1905**

---

---

In der ordentlichen Sitzung vom 10. Mai sprach Herr Professor Bonhoff über das Thema:

### **Studien über den Vaccine-Erreger.**

M. H.!

In einer im 34. Bande des Centralbl. f. B. u. P. veröffentlichten Arbeit habe ich über Versuche berichtet, den Vaccine-Erreger zu erkennen. Dort ist mitgeteilt, warum m. E. Bakterien nicht die Ursache dieser Erkrankung sein können; warum es für mich ausgeschlossen ist, dass es sich um Amöben handelt; warum ich endlich auch die feinen lebhaft beweglichen stark lichtbrechenden Körnchen, die immer in Vaccinepusteln gefunden werden, nicht mit dem ätiologischen Moment der Vaccine für identisch halte.

Am Schlusse jener Arbeit habe ich mich über ein Verfahren ausgelassen, mit dessen Hülfe ich hoffte, einen nicht unwesentlichen Fortschritt in der Erkenntnis des fraglichen Parasiten erreichen zu können. Versuche subkutaner Überimpfung von Lymphe auf Kaninchen, die ich im Glauben unternommen, in diesem Thierkörper vielleicht eine Entwicklung des auf künstlichem Nährboden unzüchtbaren Parasiten zu ermöglichen, hatten — bei Rückimpfung des Materials auf das Kalb — gezeigt, dass

die Parasiten am ersten Tage nach der Impfung noch ziemlich reichlich, am zweiten Tage nach derselben entweder nur sehr spärlich oder überhaupt nicht mehr, am dritten Tage sicher nicht mehr an der subkutanen Impfstelle, am Kaninchenohr, vorhanden sind. Die Annahme lag nahe, dass die Krankheits-erreger durch parasiticide Wirkungen der Körpersäfte des Versuchstieres abgetötet waren. Vielleicht konnte man diese Wirkungen ausschalten, wenn man Meerschweinchen mit denjenigen Organen des Kaninchens in steigenden Dosen behandelte, die vermutlich die Produzenten der parasitiden Stoffe sind; und wenn man nach Erhaltung von Antiamboceptoren und Anticomplementen im Serum der Meerschweinchen dies Serum mit Lymphe zusammen in einem Schwämmchen, also in lokaler Begrenzung, unter die Haut des Kaninchens an passender Stelle einbrachte. Milz, Knochenmark und Lymphdrüsen des Kaninchens wurden also in möglicher Sterilität entnommen und damit eine grössere Anzahl Meerschweinchen subkutan in steigenden Dosen injiziert. Nach der dritten oder vierten Einspritzung wurde den Meerschweinchen Blut entnommen und dies zu den Kaninchen-Lympherisuchen benutzt. Die Immunisierung der Meerschweinchen liess sich fast nie weitertreiben, da die Tiere nach der dritten oder vierten Einspritzung meist an einer Bakterieninfektion (fast immer mit dem Fraenkel'schen Gasphlegmonebacillus) oder aus anderen Gründen eingingen.

Nimmt man in solcher Weise bei Kaninchen eine Impfung von Kalbslymphe zusammen mit dem Serum von gegen Kaninchenmilz immunisirten Meerschweinchen in eine Hauttasche des Ohres vor, so resultirt zunächst eine Verlängerung der Infektiosität des Schwämmchen-Inhalts um etwa 48 Stunden. Man kann meist bis zum vierten Tage mit diesem Material beim Kalbe Pusteln erzeugen. Für mich waren indess Untersuchungen des Schwämmchen-Inhalts durch das Mikroskop von grösserer Anziehungskraft. Man wird bei genügender Häufigkeit der Entnahme von Flüssigkeit aus dem in der Hauttasche befindlichen Schwämmchen zu einem Urteil über eventuell in der Flüssigkeit

sich vollziehende Veränderungen gelangen können. Da die Schwämmchen sehr reichlich mit Lymphe und Serum beschickt werden, mit drei Tropfen Glycerinlymphe, dazu mit 4—6 Tropfen des unverdünnten Meerschweinchenserums, so vermag man in den ersten Tagen mit Leichtigkeit je 5—6 Deckglaspräparate anzufertigen und, wenn man es für nötig hält, auch noch ca.  $\frac{1}{2}$  ccm des Schwämmchen-Inhalts in Capillaren aufzusammeln und aufzubewahren.

Der Inhalt des Schwämmchens enthält nun in den ersten beiden Tagen ganz ausserordentlich spärliche Zellen, die fast nur polynukleäre neutrophile Leukocyten zu sein scheinen. Nur wenn man schon zu dieser Zeit durch einen stärkeren Druck auf das Schwämmchen Teile der hineingebrachten Lymphe mit Gewalt herauspresst, sind die daherstammenden Gewebstrümmer in den Präparaten wiederzufinden. Vom dritten Tage an, bei starker bakterieller Verunreinigung der Lymphe oder der Wunde auch schon früher, wird die Zahl der weissen Blutkörperchen sehr viel beträchtlicher und es treten darunter eine recht grosse Zahl grosser und kleiner Lymphocyten auf, bei Romanowsky-Färbung an der Blaufärbung des Protoplasmasaumes und an dem grossen braunviolett gefärbten Kerne ohne Weiteres erkennbar. Eine beträchtliche Anzahl dieser Lymphocyten ist schon jetzt verändert, vergrössert, Kern und Protoplasma aufgequollen, der gequollene und zerfaserte Kern auch vielfach freiliegend und in Streifen und Fäden sich auflösend. Zwischen diesen Zellen ist noch völlig von körperlichen Elementen freie Flüssigkeit, die nur an den Stellen, wo sie in dickerer Schicht angetrocknet ist, eine Spur von Färbung angenommen hat. Das erste hier vor mir aufgestellte Mikroskop zeigt Ihnen die völlig homogene, schwach bläulich gefärbte Flüssigkeitsschicht zwischen den Leukocyten.

Vom vierten Tage an, zuweilen auch erst später, fängt der Inhalt des Schwämmchens an allmählig zähflüssig zu werden, eine Veränderung, die nicht durch wesentliche Vermehrung der Leukocyten bedingt, sondern auf andere Weise zu erklären ist.

Die Zahl der Leukocyten kann also ganz unverändert bleiben, recht häufig tritt sogar zweifellos eine Verminderung dieser Körperzellen in dem Schwämmcheninhalt ein. Untersucht man von diesem Zeitpunkt des Zählerwerdens in gefärbten Präparaten (Löffler's Blau), so sieht man zwischen den weissen Blutelementen nicht mehr homogene Flüssigkeit, sondern an vielen Stellen des Präparates, aber nicht überall, also nicht ganz regelmässig verteilt, äusserst kleine, bei 1000 facher Vergrösserung kaum stecknadelspitzgrosse feinste Punkte von ziemlich übereinstimmender Grösse und etwas unregelmässiger Umgrenzung, meist im Ganzen rundlich, auftreten, in der Art, wie sie unter dem zweiten Mikroskop und auf der vor Ihnen liegenden Photogrammtafel im ersten Photogramm dargestellt sind. Es ist, als sei ein feiner blauer Sand an diesen Stellen in die zellfreien Teile der Flüssigkeit eingestreut oder als wären sehr feine gleichmässige Farbstoffniederschläge in dem Präparat vorhanden. Von letzterer Ursache ist indess bei dem Auftreten dieser kleinsten Stäubchen keine Rede.

In den nächsten 24—48 Stunden nimmt nun nicht nur die Zahl der Stäubchen zu, so dass sie jetzt fast in jedem Gesichtsfeld vorhanden sind, sondern es vergrössert sich wahrscheinlich auch der Umfang der zuerst aufgetretenen Körner, freilich nicht bei Allen in gleichem Masse. Die Folge ist, dass eine grosse Anzahl etwa stecknadelkopfgrosser Gebilde zwischen Leuko- und Lymphocyten liegen, zwischen solchen grösseren Körnern eine nicht unbeträchtliche Anzahl feinsten eben beschriebener Sandstäubchen. Die grösseren Körnchen erscheinen auch in der Mehrzahl rund, oft freilich findet man bei stärkster Vergrösserung etwas wie feine Ausläufer an ihnen. Die Farbstoffaufnahme ist nicht immer an allen Teilen des einzelnen Kornes gleichmässig stark, an einzelnen der Körner ist ein intensiver gefärbter Punkt an irgend einer Stelle des Kornes, durchaus nicht immer in der Mitte, zu erkennen. Das hier geschilderte Stadium ist unter dem dritten Mikroskop wiedergegeben, ebenso in zweiten Photogramm.

Nach weiteren 24—48 Stunden hat die Anzahl der Körner und Stäubchen weiter erheblich zugenommen, ebenso die Vergrößerung im Umfange einzelner Elemente. Neben den bisher beschriebenen Formen finden sich daher recht zahlreich rundliche und ausserdem ganz unregelmässig geformte Gebilde, zuweilen schlauchförmig, spindelförmig, halbmondähnlich, unregelmässig vier- oder vieleckig, von wabigem Bau, d. h. nicht ganz homogen erscheinend, deren Grössenmasse gar sehr verschieden sind. Die rundlichen oder eiförmigen haben etwa  $3-4\mu$  im grössten Durchmesser, die übrigen meist weit mehr,  $6-8\mu$  und mehr. Ja es gibt längere schlauchähnliche Formen, deren grösster Durchmesser  $12\mu$  übersteigt. Die Begrenzung auch dieser grösseren Formen ist nicht immer ganz scharf, es ist besonders bei dichter Lage dieser Gebilde zuweilen recht schwierig, mit Sicherheit zu sagen, ob ein bestimmter Ausläufer zu einem rechts oder links liegenden Körperchen dieser Art gehört. Wie schon eben angedeutet, ist die Annahme des Farbstoffs bei diesen grösseren Formen nicht homogen, vielmehr sind fast immer hellere Stellen von oft beträchtlicher Kleinheit und meist etwa runder Gestalt in dem Inhalt zu erkennen, wodurch eben ein wabiger Bau wahrscheinlich gemacht wird. Stärker gefärbte Stellen finden sich in diesen grösseren Gebilden wohl etwas weniger häufig, als in den mittelgrossen Körnern. Immerhin sind sie bei einigem Suchen mit Leichtigkeit aufzufinden. Sie unterscheiden sich bei Färbung mit Löfflers Blau auch im Farbenton ganz wenig, sie sind etwas mehr violet, haben also eine metachromatische Färbung angenommen. Das vierte Mikroskop und Photogramm zeigt ein typisches Bild eines solchen Schwämmcheninhalts; hier ist auch eine der längsten bis jetzt gesehenen Formen mit deutlich stärker gefärbtem Kern ziemlich in der Mitte des breiteren Theils zu sehen.

Wenn diese grösseren Formen voll ausgebildet sind, und wenn sie z. B. in einem Präparat des siebten Tages in ungeheuren Mengen sich finden, so kann das Präparat vom achten Tage ganz frei von allen den beschriebenen Formen sein; ausser

Leukocyten findet sich nur die völlig homogene Flüssigkeitsschicht, an manchen Stellen vielleicht einige „Stäubchen.“ Freilich sind dann viele der weissen Blutkörperchen eigentümlich verändert, so dass man geneigt sein könnte, diese veränderten Blutelemente für etwas ganz Anderes, für Theilungsformen z. B. des weiter gewachsenen „Parasiten“ zu halten. Auf dem fünften Photogramm ist eine solche „Teilungsform“ mit einem sich eben ablösenden Teile in der Mitte des Gesichtsfeldes zu erkennen. Bei anderen Versuchstieren verschwinden diese grösseren Formen nicht sofort nach ihrer vollen Ausbildung aus den Präparaten. Sie sind tagelang, zuweilen drei bis vier Tage hintereinander, in denselben vorhanden; oder sie verschwinden vielleicht für ein oder zwei Tage aus dem Ausgespressten, um später wieder reichlich sich zu zeigen, oder sie sind nicht so zahlreich, dass sie in den späteren Präparaten, vom achten Tage an etwa, in jedem Gesichtsfeld zu finden wären. Zuguterletzt sind sie jedenfalls, je nachdem am neunten, zehnten oder elften Tage, nicht mehr nachzuweisen, auch dann nicht, wenn es noch recht gut möglich ist, flüssigen Inhalt aus den Schwämmchen herauszupressen. Der Schwämmcheninhalt ist jetzt meist ein an Bakterien und Leukocyten sehr reicher Brei geworden, der nur noch in geringen Mengen zu erhalten ist. Die Bakterienzahl im Schwämmchen nimmt mit dem Auftreten der grösseren Formen immer mehr oder weniger stark ab, so dass es z. B. mitunter nicht ganz leicht ist, in einem Präparat vom siebten Tage Bakterien überhaupt zu finden, während sie am fünften oder sechsten Tage in den Präparaten desselben Tieres sehr reichlich sich zeigten. Mit dem Verschwinden dieser grösseren Formen wabigen Baues erscheinen denn auch die Bakterien wieder in grosser Zahl.

Nach dem zwölften Tage habe ich Formen, die den eben beschriebenen irgendwie entsprechen, nie mehr gesehen. Es ist mir verschiedentlich möglich gewesen, bei den von mir geimpften Kaninchen bis zum 21. Tage in fortlaufender Reihe Präparate an jedem Tage zu erhalten. Dieselben haben sich zwar ebenfalls

reich erwiesen an Formen, welche meines Wissens bisher niemals beschrieben sind; die oben geschilderten Gebilde waren nicht vorhanden.

Bei der Verwendung von Farbgemischen zeigten die wabigen Körperchen folgendes Verhalten: Gegen Kombinationen von Eosin und Haematoxylin nach Art z. B. des von Dofflein an mehreren Stellen beschriebenen Verfahrens reagierten sie mit schwacher Blaufärbung, meist im Ganzen. Nur bei einigen Exemplaren war um den mit Haematoxylin gefärbten Teil eine schmale rosenrote Zone zu erkennen. Mit dem Biondi-Ehrlich'schen Dreifarbgemisch habe ich verwertbare Bilder trotz zahlreicher Versuche niemals erhalten. Die Romanowsky'sche Färbung ergibt sehr klare und auch ganz haltbare Bilder. Verwendet wurde zunächst das von Nocht angegebene Verfahren, später die Modifikationen, die von Giemsa und von Reuter mitgeteilt sind. Besonders mit dem ursprünglichen, von Giemsa mitgeteilten Vorgehen sind sehr brauchbare Präparate zu erhalten, wenn man nur durch Erreichung des Schwimmenbleibens der mit der zu färbenden Fläche nach unten gelagerten Deckgläschen dafür sorgt, dass die sedimentirende Azurfarbe keine Niederschläge in dem Präparat erzeugen kann. Es ist wichtig, dass die von mir soeben beschriebenen Gebilde niemals chromatinrot gefärbt sind, sondern immer und zwar in toto schwach blau, ohne irgend welche Besonderheiten, genau so, wie der Protoplasmasaum der Lymphocyten. Die Präparate unter den Mikroskopen 5—7 werden ihnen diese Angaben bestätigen. Bei der Gram'schen Färbung erwiesen sich die Gebilde als leicht entfärbbar. Mögen diese Mitteilungen über Farbenreaktionen heute genügen! Vielleicht ist später einmal Gelegenheit, sie zu ergänzen.

Im ungefärbten Präparat, im hängenden Tropfen untersucht, erscheinen die grössten der wabigen Körperchen als äusserst flache, völlig homogene, kaum gefärbte oder ganz schwach weiss-gelblich sich darstellende Scheibchen von der Grösse etwa eines Drittels eines roten Blutkörperchens und unregelmässiger, meist aber runder Gestalt mit scharfem Rande.

Sie zeigen keine starke Lichtbrechung, liegen verschieden dicht in der Flüssigkeit zwischen den Leukocyten und haben niemals etwas von Eigenbewegung oder amöboider Bewegung oder irgend welcher anderen Art von Lokomotion erkennen lassen, auch dann nicht, wenn sie während längerer Zeit bei 37° C unter dem geheizten Mikroskop beobachtet wurden. War einmal eine Veränderung in dem mikroskopischen Bilde nach längerer Zeit eingetreten, so liess sich der Grund dafür immer leicht in Strömungen oder Plasmabewegungen nahegelegener Leukocyten auffinden.

Die hiermit wohl zur Genüge gekennzeichneten Gebilde habe ich aus den Lymphen aller deutschen Staatsinstitute mit Ausnahme der in der Cölner staatlichen Lymphe-Gewinnungsanstalt erzeugten sich entwickeln sehen, vorausgesetzt, dass das Meerschweinchen-Serum genügende Wertigkeit besass. In Kontrollversuchen mit lange gelagerter, beim Kalbe unwirksamer Lymphe erhielt ich dagegen in meinen damaligen Präparaten niemals auch nur Andeutungen solcher Formen. Vielleicht darf ich hier kurz einschalten, dass sich auch dann im Schwämmchen solche wabige Körperchen nicht entwickeln, wenn das Serum von gegen Knochenmark und Lymphdrüsen des Kaninchens immunisirten Meerschweinchen stammte. Wohl aber bekam ich, wenn auch weit spärlicher und kleiner, Gebilde der bezeichneten Art, wenn ich die Schwämmchen neben dem Serum der gegen Milz immunisirten Meerschweinchen mit Blut von an Scharlach erkrankten, auf der Höhe des Fiebers befindlichen Kindern, oder mit der Hautabschuppung masernkrank gewesener Kinder oder mit dem Belag syphilitischer Condylome versah.

Handelt es sich bei diesen Körpern um parasitäre Gebilde? Für Bejahung dieser Frage sprechen die Art von Entwicklung, welche scheinbar in dem Schwämmchen vor sich geht, das völlige Verschwinden derselben von einem bestimmten Zeitpunkt

an; für Verneinung der Frage hauptsächlich der völlige Mangel der Virulenz des die Gebilde in schönster Vollendung enthaltenden Schwämmcheninhalts für das Kalb. Es ist mir bei keinem meiner Versuche geglückt, mit derartigem Material Pocken beim Kalb zu erzeugen. Es blieb die Möglichkeit, dass diese Gebilde ein die Infektion nicht vermittelndes Stadium in einem eventuellen Entwicklungsgange des mutmasslichen Parasiten darstellten. Für diese Anschauung sprach die Thatsache, dass es mir in etwa 50% der diesbezüglichen Versuche gelang, ein Wiederauftreten der Virulenz des Schwämmcheninhalts nach Verschwinden dieser Formen zu beobachten. Dabei bildeten sich an den Impfstellen des Kalbes nicht etwa vereinzelt, sondern dicht zusammenliegende üppig entwickelte Blattern in grosser Zahl, die m. E. auf ein reichliches Vorhandensein des Vaccine-Erregers in dem Impfmateriel hinwiesen. Leider waren, wie schon erwähnt, die Resultate bei diesen Versuchen unregelmässig, in der Hälfte der Versuche gingen Blattern nicht auf.

Bemühungen, ähnliche Formen, wie ich eben beschrieben, in den Pusteln oder im Blut des Kalbes, in menschlichen Vaccine-Pusteln oder im menschlichen Blut nach der Impfung zu finden, hatten kein Resultat. Auch in der geimpften Cornea des Kaninchens fand sich nichts Ähnliches. Die Hoffnung, im Darm von Insekten, die an frischer Glycerinfreier Lymphe gesessen hatten, eine Entwicklung ähnlicher Art zu erhalten, erfüllte sich nicht.

Was konnte in den beschriebenen Gebilden Anderes als Parasiten vorliegen? Dass sie nicht aus dem Serum stammten, zeigten u. A. die erwähnten Kontrolversuche. Aus dem Schwämmchen kamen sie nicht, denn man konnte auch mit aus künstlichen Gummischwämmen hergestellten Stücken dieselbe Entwicklung erhalten. Es blieb die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit, dass diese Formen aus dem Kaninchenkörper sich bildeten, vielleicht unter dem Reiz des Antiamboceptors und Anticomplements im Meerschweinchen-Serum. Für normale Blutbestandteile konnten sie nicht gelten, z. B. nicht etwa für

Blutplättchen (Fehlen der Zacken, sonstiges färberisches Verhalten). Auch für rote Blutkörperchen oder veränderte derartige Zellen oder Teile von solchen vermag ich sie nach ihren Eigenschaften (wabiger Bau, Basophilie) nicht zu halten. Möglich aber ist, dass es sich um Teile oder Derivate weisser Blutzellen handelt. Um Kernbestandteile oder um Granoplasma. Veränderungen von Kernen liessen sich, wie oben schon hervorgehoben ist, in den ersten Tagen nach Einbringung des Schwämmchens spärlich, vom vierten Tage an etwa aber recht reichlich beobachten. Besonders die einkernigen Lymphocyten zeigten dann starke Quellung, später auch Auffaserung der Kernsubstanz, in der Art, wie es Ihnen die Photogramme 6—10 deutlich zeigen. Auch die Identität mit leuko- bzw. lymphocytärem Plasma lässt sich nicht glatt von der Hand weisen. Ich mache aufmerksam auf eine Äusserung Unna's in einem der letzten Hefte des histopathologischen Atlas der Haut, wo er abgesprengtes „Granoplasma“ abbildet und betont, dass solche Formen in mit Fremdkörpern längere Zeit in Berührung befindlichen Serum sich leicht entwickelten.

Diese Überlegungen zwangen zu weiteren Kontrollversuchen. Dieselben wurden in etwas modifizirter Weise angestellt. Den Kaninchen wurde zunächst ein steriles Schwämmchen ohne Inhalt unter die Haut des einen Ohres gebracht; nach 8—14 Tagen das mit Serum und inaktiver Lymphe beschickte unter die Haut des anderen Ohres. In diesen Versuchen habe ich nun in den meisten Fällen in dem Schwämmcheninhalt wenigstens eine Andeutung von Formen erhalten, die den oben beschriebenen Gebilden ähnlich sind. Formen, wie die auf den Photogrammen 1 und 3 abgebildeten traten dabei fast immer auf; Formen wie auf Photogramm 4, also die grösseren wabigen Körperchen, habe ich bisher niemals gefunden. Eine Entscheidung in der Beurteilung der von mir erhaltenen Körperchen nach der einen oder anderen Richtung erschien daher schwierig und ich liess zunächst diese im Jahre 1902 erhobenen Befunde liegen.

Seitdem sind durch Leishmann und Marchand Bilder veröffentlicht, die mich in etwas an meine Schwämmchenkörper erinnerten. Präparate dieser Gebilde habe ich allerdings nicht gesehen, sondern nur die im Centralbl. f. B. u. P. und in der Zeitschrift für Hygiene wiedergegebenen Zeichnungen. Besonders mit den in letzterer Fachschrift enthaltenen Bildern haben meine aus Lymphe im Schwämmchen erhaltenen Formen eine gewisse Ähnlichkeit. Dazu kamen bald die Veröffentlichungen Negri's über Befunde eigenartiger Körperchen in gewissen Zellen des Gehirns bei lyssakranken Tieren. Damit Sie sehen, dass mit diesen Gebilden eine gewisse Ähnlichkeit besteht, habe ich Ihnen ein Präparat dieser Negri'schen Körper aus dem Ammons-horn, deren Auftreten man wohl jetzt als pathognomonisch für Hundswut ansehen darf, unter eines der aufgestellten Mikroskope gelegt.

Für mich gaben diese Veröffentlichungen den Anlass, zu untersuchen, ob es sich bei meinen Schwämmchenkörpern nicht um ein Entwicklungsstadium von Trypanosomen handeln könnte. Es kam also darauf an, festzustellen, ob sich Trypanosomen oder ähnliche Gebilde nicht in Ausstrichen von Kalbs- und Menschenblättern, ferner in Schnitten vom Kalbe finden liessen. Ich habe daher im December 1904 eine grössere Anzahl von Deckglaspräparaten aus frisch beim Kalbe erhaltenen Blättern verschiedenen Alters, vom 4.—12. Tage hergestellt, ausserdem gut entwickelte Impfungen herausgeschnitten, das Material nach verschiedenen Methoden konservirt und geschnitten. Ferner wurden bei einigen frisch geimpften Kindern Deckglas-ausstriche vom 5.—8. Tage und Untersuchungen im hängenden Tropfen vorgenommen; auch die bei diesen Untersuchungen erhobenen Befunde durch lebende Präparate vom Kalbe zu bestätigen gesucht.

In den nur mit der ursprünglich von Giemsa angegebenen Eosin-Azurmischung gefärbten Präparaten liessen sich nun in der That gar schnell Formen finden, die meine Vermutung bezüglich Trypanosomen zu rechtfertigen schienen. Es sind in

jedem Anstrichpräparate grössere Gebilde vorhanden, die in ihren Umrissen sich genau wie Trypanosomen verhalten, Formen, wie sie das Photogramm 11 wiedergibt und wie sie dort auch unter einem der Mikroskope eingestellt sind. Aber darauf möchte ich gar keinen Wert legen. Denn einmal sind dieselben gleichmässig gefärbt, ohne Differenzirungen zu zeigen; von einem Kern oder dem Blepharoplasten, auch von einer undulirenden Membran ist nichts zu erkennen. Besonders fraglich aber werden solche Formen, weil im lebenden Präparat und in Schnitten gar nichts von ihnen zu sehen ist. Ich halte sie demnach für ausgezogene Kernbestandteile oder dergl., bei dem Ausstreichen des Materials auf dem Deckglase entstanden. Neben diesen grösseren Formen aber findet man bei eifrigem Suchen weit feinere Gebilde von ziemlicher Länge, gar nicht einmal so spärlich, wie sie Ihnen die Photogramme 13 und 14 und die dieselben Bilder zeigenden beiden Mikroskope dort an der Wand wiedergeben. Dass es sich dabei um Spirochaeten handelt, erscheint klar. Um einen Vergleich zu ermöglichen, habe ich Ihnen typische Spirochaeten aus anderem Material in einer Anzahl mikroskopischer Präparate aufgestellt, aus Zahnschleim, die Spirochaeta anserina, aus Fällen von Sommerdiarrhoe, letztere die feinsten derartigen Gebilde, die ich bisher gesehen habe. Die hier aus Vaccine demonstrierten Spirochaeten sind zweifellos etwas dicker als die letztgenannten, von recht verschiedener Länge, und färben sich, wie Ihnen das zweite der dort aufgestellten Präparate zeigt, mit der ursprünglichen Giemsa-Methode gleichmässig chromatin roth. Solche typische Spirochaeten habe ich auch in Schnitten nicht allzu selten gefunden. Recht oft finden sich spirochaetenartige dünne Fäden mit und ohne Windungen in Schnitten und Ausstrichen, bei denen am einen Ende des feinen Fädchens eine knopfförmige Verdickung zu sehen ist. Neben diesen Spirochaeten finden sich, nur viel zahlreicher, kleine komaabazillenähnliche, einzeln oder zu zweien liegende Zellen, zu zweien recht häufig S-Form zeigend. Und endlich unregelmässig dreieckige Formen mit zwei ungleich langen, sehr zarten, zuweilen schraubenförmigen Fortsätzen an zwei

Ecken. An letzteren habe ich auch Andeutungen von Differenzierungen, ein kleines stärker gefärbtes Korn in der Nähe des Ansatzes der kleineren Geissel gefunden. Diese dreieckige Form halte ich für die Grundform des Vaccine-Erregers. Ich glaube, dass auch die häufigeren, eben als Kommaformen bezeichneten Gebilde eigentlich dreieckige Formen mit zartesten Fortsätzen darstellen, bei denen letztere nur wegen ihrer Feinheit wenigstens für mein Auge nicht erkennbar sind. Untersuchungen frischen lebenden Kalbspustelinhalts bei 2000 facher Vergrößerung zwingen, wie gleich näher auszuführen, zu dieser Auffassung. Die oben zuerst erwähnten Spirochaeten halte ich nach einigen von mir gesehenen Bildern für der Länge nach zusammengelagerte „Kommas“, die vielleicht nur unter ungünstigen Bedingungen diese Aneinanderlagerung vollziehen. Die Grössenverhältnisse richtig anzugeben, ist recht schwierig, da zweifellos sehr verschieden grosse Gebilde vorhanden sind, was meiner Ansicht nach ebenfalls für Trypanosomen spricht. Unter den Kommaformen gibt es solche von unter  $\frac{1}{3} \mu$  Breite an der dicksten Stelle, etwa bis  $1 \mu$  Länge ist sichtbar. Die grösseren dreieckigen Formen mit zwei sichtbaren zarten Fortsätzen haben an der dicksten Stelle eine Breite von  $1-1\frac{1}{2} \mu$ , die Länge des Dreiecks ist ein wenig mehr, bis  $2\frac{1}{2} \mu$ , die Länge der äusserst feinen Fortsätze  $2-4 \mu$ . Wahrscheinlich sind sie in Wirklichkeit länger, denn ich habe besonders im lebenden Präparat den Eindruck gehabt, dass jenseits des sichtbaren Teils noch etwas vorhanden ist, das nur durch Wirbel in der Flüssigkeit sich andeutet.

Im lebenden Präparat finden sich also schwach lichtbrechende bewegliche kleine Formen reichlich, die zwar keine starke Lokomotion zeigen, obgleich einzelne ganz deutlich ihren Ort verändern. Bei längerer Beobachtung sieht man zweifellos trypanosomenartige Bewegungen, das eigenartige Zusammenschnellen und Verlängern des Körpers, den starken Verbrauch an Energie ohne entsprechende Fortbewegung. Bei diesen kleineren Formen vermag ich auch mit 2200 facher Vergrößerung Fortsätze, die als Geisseln zu deuten wären, nicht mit Sicherheit zu erkennen. Wohl aber sieht man bei dieser Vergrößerung an den Enden

der Körperchen bezw. jenseits derselben recht häufig Wirbel entstehen, die auf für mich unsichtbare Teile hinweisen. Bei den grösseren dreieckigen Formen sind dagegen die Fortsätze als feine Fäden mit schwacher undulirender Bewegung auch im hängenden Tropfen selbst bei 1000facher Vergrösserung zu erkennen. Ich kann leider ein lebendes Präparat heute Abend nicht zeigen, da die heute Nachmittag noch deutliche Bewegung jetzt völlig erloschen ist, auch die sehr kleinen Formen sich zu einer Demonstration vor einer grösseren Versammlung kaum eignen. Um Ihnen indess die Art der Bewegung, freilich in's Grosse übertragen, vorzuführen, habe ich Ihnen hier noch ein Präparat mit lebenden Nagana-Trypanosomen aufgestellt (daneben ein gefärbtes).

Wenn Sie mich nun fragen, ob ich diese Gebilde, die also nach meinem Dafürhalten zweifellos Trypanosomen sind — denn ich halte diese drei Arten von Formen für zusammengehörig — für die Ursache der Vaccine ansehe, so gestehe ich, dass ich sehr geneigt bin, eine derartige Ätiologie anzunehmen. Sie wissen, dass Schaudinn vor einiger Zeit in den Arbeiten aus dem Kaiserl. Ges.-Amte eine Mitteilung über Spirochaetenbefunde bei Syphilis hat erscheinen lassen. In der letzten Nummer der deutschen med. Wochenschrift, die vor 5 Tagen ausgegeben ist, hat er die Zahl der Syphilisfälle, in denen er die gleichen Mikroben gefunden, auf zwölf erhöht. Ich will nun freilich nicht behaupten, dass durch meine heutige Mitteilung die Spirochaetenätiologie der Vaccine bewiesen ist, zumal ich bisher nur aus drei verschiedenen Lymphen solche Befunde erhoben habe. Aber es werden sich doch, glaube ich, aus dieser Mitteilung gewisse Direktiven für einen künftigen Arbeitsplan ergeben. Man wird zunächst, da es M'c Neal und Novy gelungen ist, Trypanosomen zu züchten, noch einmal versuchen müssen, ob es nicht mit geeigneten Nährböden gelingt, trotz aller bisherigen Fehlversuche in dieser Richtung, Kulturen der soeben von mir beschriebenen Spirochaeten etc. zu erhalten. Sollte das gelingen, so dürfte eine Beweisführung in positivem oder negativem Sinne nicht zu den Schwierigkeit bereitenden Dingen

gehören. Aber auch, wenn die Kultur dauernd misslingt, wird man eine Aufklärung über die Bedeutung der von mir zuletzt beschriebenen Gebilde ebenso gut im Laufe der Zeit, durch Kontroluntersuchungen, die feststellen, ob sich solche Formen bei Vaccine immer finden und ob ihnen irgend welche charakteristische zur Differenzirung geeignete Merkmale anhaften, erwarten können, wie wir eine solche Aufklärung z. B. über die nicht züchtbaren Malaria-Erreger erhalten haben.

Es muss dahingestellt bleiben, ob die heute von mir zuerst demonstrierten wabigen Körperchen aus dem Schwämmcheninhalt der Kaninchenohren etwas mit den letzthin genannten Spirochaeten zu thun haben. Ich halte das nicht einmal für sehr wahrscheinlich. Ich würde aber erfreut sein, aus der Versammlung heraus gerade über diese erstbeschriebenen Formen und ihre etwaige Beurteilung etwas zu hören.

---

Herr J. Kiessling macht eine Mitteilung:

**Über den Zusammenhang zwischen Blitzentladungen und Kondensationsvorgängen in der freien Atmosphäre.**

Befinden sich in einer mit Wasserdampf gesättigten Luftmenge Wassertröpfchen, welche so klein sein können, dass sie unterhalb der Grenze der Sichtbarkeit als Nebel nicht erkennbar sind, so wird doch ein durch die vorhandene Temperatur, die Dampfspannung und die Krümmung der kondensierten Tröpfchen bedingter stationärer Zustand sich ausbilden können, bei welchem Verdunstung und Kondensation einander gleich sind, also in keinem dieser Vorgänge eine Änderung eintritt.

J. J. Thomson hat nun in seinen „Anwendungen der Dynamik auf Physik“ (1888) [S. 198 der deutschen Übersetzung] die Frage einer mathematischen Behandlung unterworfen, welche Veränderung in diesem Gleichgewichtszustand durch Elektrisierung hervorgerufen wird. Die Rechnung ergibt, dass dadurch die Dampfdichte vermindert wird, so dass das Bestreben

des Dampfes sich auf der Flüssigkeit niederzuschlagen gesteigert wird. Thomson fügt diesen Betrachtungen die Bemerkung hinzu: „es ist denkbar, dass dieser Umstand bei der Bildung der grossen Regentropfen, die bei Gewittern niederfallen, mitwirkt.“

Einige Jahre vorher (1884) hatte sich auch Werner Siemens mit der Frage der elektrischen Entladung beim Gewitter beschäftigt. Die von ihm vertretene Anschauung hat Helmholtz in seinen Vortrag „über Wirbelstürme und Gewitter“ aufgenommen. Er sagt dort: „Erst wann die Wassermassen der Wolken zu herabstürzendem Regen vereinigt, einander so nahe gekommen, dass Funkenentladung von Tropfen zu Tropfen möglich wird, bilden sie einen gewaltigen Konduktor, in den nun auch aus dem Erdboden mächtige Funken, die Blitze, überschlagen können. Blitze sind in der Regel die Zeichen eines in dem Augenblick erfolgenden neuen heftigen Niederschlages; aber die Regenmasse, aus der sie sich entladen, braucht mehr Zeit um zur Erde zu kommen, als der elektrische Strahl. Erst einige Sekunden nach dem Blitz bemerken wir deshalb den verstärkten Regen, der ihn hervorgebracht hat.“ Nach Werner Siemens und Helmholtz ist also der Blitz die Folge stärkerer Kondensation, nach J. J. Thomson ist umgekehrt die stärkere Kondensation die Folge des Blitzes. Ende August 1904 habe ich am Vierwaldstätter See beim Ausbruch eines Gewitters Gelegenheit gehabt, den direkten Einfluss eines Blitzes auf die nachfolgende Kondensation unmittelbar zu beobachten. Die in der darauf sich beziehenden Mitteilung (Sitz.-Berichte d. Ges. zur Bef. d. gesammten Naturw. zu Marburg Nov. 1904) ausgesprochene Erwartung einer experimentellen Darstellung dieser Erscheinung hat sich bestätigt. — Zu diesem Zweck muss man in einem von Kondensationskernen sorgfältig befreiten, mit gesättigter Luft gefüllten Glasgefäss zunächst eine sehr geringe Übersättigung, die aber keine Nebelbildung zur Folge hat, durch eine geringe adiabatisch verlaufende Exhaustion hervorrufen. Ist dies geschehen und lässt man dann zwischen Elektroden die

mit nassem Fliesspapier überzogen sind, so dass die Möglichkeit des Losreissens von Metallteilchen ausgeschlossen ist, einen Induktoriumfunken (Funkenlänge 15 cm) überschlagen, so tritt, wie Herr Barkow nachgewiesen hat, sofort ein längs des ganzen Funkenweges bei heller Belichtung sichtbarer Nebelstreifen auf.

Dieser Fall von Kondensation durch direkte elektrische Einwirkung würde sich als dritter anreihen an die von R. von Helmholtz beobachtete Spitzenwirkung am Dampfstrahl. (Wied. Ann. 32 [1887]) und an die von Richarz und R. von Helmholtz beobachtete Wirkung des elektrischen Wechselfeldes (Wied. Ann. 40 [1890]; vergl. Arb. Berichte Nov. 1904).

---

In der jährlichen Geschäftssitzung vom 10. Mai erstattete der Vorsitzende, Herr M. Bauer, Bericht über die Tätigkeit und den Bestand der Gesellschaft im abgelaufenen Geschäftsjahre; er legte die Jahresrechnung vor, welche genehmigt wurde.

Die Vorstandswahl ergab das Resultat:

Vorsitzender: Geh. Reg.-Rat Max Bauer.

Mitglieder des engeren Ausschusses:

Professor E. Korschelt, stellvertretender Vorsitzender,

„ F. Schenck,

„ F. Richarz.

---

Aufgelegte Schriften:

Abhandlungen der naturf. Gesellsch. zu Nürnberg. XV. Bd.  
2. Heft. Nürnberg 1904.

The american naturalist. XXXIX. Bd. Nr. 457.  
Boston, Jan. 1905.

Atti della R. Accademia dei Lincei. V. Ser. XIV. Bd. Nr. I  
und 3. Roma 1905.

- Boletin del Cuerpo de ingenieros de minas del Peru. Nr. 5,  
16, 17. Lima 1903/4.
- XV. Congrès internat. de médecine. Bulletin. Nr. 5.  
Lisbonne.
- Entomologisk Tidskrift. 25. Arg. Heft 1/4. Stockholm 1904.
- Indice generale dei lavori 1737—1903 della R. Accademia delle  
scienze fisiche e matematiche. Napoli 1904.
33. Jahresbericht des Vereins f. Naturkunde zu Zwickau 1903.  
Leipzig 1905.
- Katalog der Bibliothek der naturf. Gesellsch. zu Danzig. 1. Heft.  
Danzig 1904.
- Leopoldina. 41. Heft. Nr. 1. Halle a. S. 1905.
- Mittheilungen der mediz. Fakultät zu Tokio. V. Bd. Nr. 3.  
Tokio 1904.
- Monthly list of publications. Nr. 509. Washington 1905.
- Parergones del Instituto geologico de Mexico. I. Bd. Nr. 6.  
Mexico 1904.
- Proceedings of the American Academy of arts and sciences.  
38. Bd. Nr. 20—25 und 40. Bd. Nr. 10. 1903/4.
- Rendiconto dell' Accademia delle scienze fisiche. III. Ser. 8/12  
und III. Ser. 1. Heft. Napoli 1904/5.
- Verhandlungen der ornithol. Gesellsch. in Bayern 1903. IV. Bd.  
(N. F. I). München 1904.
- Smithsonian contributions to Knowledge. Part. of vol. 34.  
Washington 1904.
- Nieuwe Verhandelingen van het Bataafsche Genootschap te Rotter-  
dam. II. Bd. 6. Th. 1. Heft. gr. 8°. Rotterdam 1905.
- Acta societatis pro fauna et flora fennica. 26. Bd.  
Helsingfors 1904.
- The American naturalist. Nr. 458 460. Boston 1905.
- Atti della R. Accademia dei Lincei 1905. XIV. Bd. Nr. 2. 4/8.  
Roma 1905.
- Bergens Museum Aarsberetning 1904. Bergen 1905.
- Bergens Museum Aarbog 1904. Bergen 1905.
6. Bericht des Klubs f. Naturkunde (1903/4). Brünn 1905.
19. Bericht des naturwiss. Vereins zu Passau (1903/4).  
Passau 1904.

- Boletin del Cuerpo de Ingenieros de minas del Peru. Nr. 18/19.  
Lima 1904 und 1905.
- Bulletin of the New York public library. IX. Bd. 2—4.  
New York 1905.
- Bulletin de la société imp. des naturalistes de Moscou 1904.  
Nr. 2/3. Moscou 1905.
- Demografia anno 1901. La Plata 1904.
- Fauna. Comptes-rendus. 14. Jahrg. 1904. Luxembourg.
- Leopoldina. 41. Bd. Heft 2/3. Halle a. S. 1905.
- Meddelandes af societats pro fauna et fennica. 30. Heft. 1903/4.  
Helsingfors 1904.
- Memoirs de la société des naturalistes de Kiew. XIX. Bd.  
Kiew 1905.
- Memoirs of the Manchester literary and phil. society 1904/5.  
Manchester, April 1905.
- Parergones del Instituto geologico de Mexico I. 76.  
Mexico 1904.
- Proceedings of the American Academy of arts. 40. Bd. Nr. 11—14.
- Proceedings of the Davenport Academy. IX. Bd.  
Davenport 1904.
- Proceedings of the American phil. society at Philadelphia. Nr. 174  
und 178. Davenport 1903 und 1904.
- Sars, G. O. An account of the Crustacea of Norway. V. Bd. 7/8.  
Bergen 1905.
- Schriften des Vereins z. Verbr. naturwiss. Kenntnisse in Wien.  
44. Bd. Wien 1904.
- Schriften der naturforsch. Gesellsch. in Danzig. N. F. XI. Bd. 1/2.  
Danzig 1904.
- Sitzungsberichte der medizinisch-naturwiss. Section des Sieben-  
bürgischen Museumsvereins. XXV. Bd. II. Abth. Heft 3.  
XXVI. Bd. II. Abth. Heft 1—3. XXVI. Bd. I. Abth. Heft 1.
- Smithsonian Miscellaneous collections. Nr. 1543/44 u. Nr. 1478.  
Washington 1904.
- Stoll, H., Alkohol und Kaffee. 2 Ex. Leipzig 1905.
- Transactions of the American phil. society at Philadelphia.  
XXI. Bd. N. F. I. Th. 4<sup>o</sup>. Philadelphia 1905.

- Travaux scientifiques de l'université de Rennes. III. Bd. 1904.  
Rennes 1904.
- U. S. geological survey Monographs. 45. Bd. (mit Atlas) und  
46. Bd. geb. 4°. Washington 1903/4.
- U. S. geological survey Monographs. 23. und 24. Bd. Annual  
report. 4°. geb. Washington 1902/3.
- U. S. geological Mineral resources of the U. S. 1902. geb.  
Washington 1904.
- U. S. geological Bulletin. Nr. 205/6, 208, 210, 215/18, 220,  
223/24, ferner 226, 229, 233. Washington 1903/4.
- U. S. geological Professional paper. Nr. 1-28 und Nr. 30/31,  
33. 4°. Washington 1902/3.
- Verhandlungen der Berliner medizinischen Gesellschaft aus 1904.  
XXXV. Bd. Berlin 1905.
- Verhandlungen des botan. Vereins der Provinz Brandenburg.  
46. Jahrg. 1904. Berlin 1905.
- Verhandlungen der k. k. Reichsanstalt Wien. Jahrg. 1904.  
Nr. 16/18 und Jahrg. 1905. Nr. 1/2. Wien.
- Bureau of Amer. Ethnology. Jahresreport 21 u. 22 (in 2 Bänden).  
geb. Washington 1903/4.
- Casopis etc. 1904. Nr. 1/4. Praze.
- Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society. Vol 21. Marz  
1905. Nr. 1.
-

# Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten  
Naturwissenschaften

zu

**M a r b u r g.**

---

---

**Nr. 5**

**Juni**

**1905**

---

---

In der ordentlichen Sitzung vom 7. Juni sprach Herr Professor Disse:

## Über die Vergrößerung der Eikammer bei der Feldmaus.

Es ist bekannt, dass nur bei einem Teil der Säugetiere der Embryo seine Entwicklung im Uteruslumen durchmacht. Bei Vertretern verschiedener Ordnungen, z. B. bei den Muriden und bei *Cavia* unter den Nagern, bei *Erinaceus* unter den Insectivoren, entwickelt sich das befruchtete Ei innerhalb eines Raumes, der gegen die Uterushöhle abgeschlossen ist und als „Eikammer“ bezeichnet wird. Die Art, wie sich die Eikammer ausbildet, ist verschieden: während bei *Cavia* das Ei sich in die Uteruswand einfrisst, indem es das Epithel durchbohrt und in der *Propria* liegen bleibt, geräth bei den Muriden, auch bei *Erinaceus*, das Ei in eine Bucht der Uterusschleimbaut; diese schliesst sich gegen das Lumen des Uterus ab, das auskleidende Epithel geht zu Grunde, und das Ei liegt innerhalb der Uteruswand, vom Bindegewebe der *Propria* umgeben.

Auch das menschliche Ei macht seine Entwicklung in einer Eikammer durch, und deshalb gewinnt diese Einrichtung für uns ein besonderes Interesse. Da aber das vorliegende Material nicht erlaubt zu entscheiden, wie sich die menschliche Eikammer aus-

bildet, und auf welche Weise sie wächst, sind wir zunächst darauf angewiesen, durch Untersuchungen an Tieren uns über die Eikammer zu unterrichten; vielleicht gewinnen wir dabei eine Grundlage zur Beurteilung dieser Einrichtung, die eine sicherere Deutung der vom Menschen bekannten Befunde ermöglicht.

Von vornherein ist anzunehmen, dass die Eikammer, wo sie besteht, mindestens so rasch wachsen muss, wie das in ihr liegende Ei; wodurch aber ihr Wachstum beeinflusst wird, ist noch nicht Gegenstand einer besonderen Untersuchung gewesen. Ziemliche Verbreitung hat die Ansicht gewonnen, als ob das wachsende Ei den Platz, den es braucht, sich durch Lösung und Resorption mütterlichen Gewebes selbst schafft; das Ei zerstört das umgebende Gewebe des mütterlichen Organismus. Ob aber diese Ansicht einer genauen Prüfung Stand hält, ist noch die Frage; zunächst kommt es darauf an, einmal bei einer Spezies genauer die Frage zu prüfen, ob wirklich die Eikammer sich vergrößert durch aktive Tätigkeit des Eies, ob das mütterliche Gewebe sich dabei lediglich passiv verhält.

Bei der Feldmaus konnte ich eine derartige Prüfung vornehmen und will über die erreichten Resultate einstweilen kurz berichten.

Nur kurze Zeit bleibt das Ei der Feldmaus in unmittelbarer Berührung mit dem Gewebe der Decidua; wenn sich die Amnionhöhle ausgebildet hat, ein Ektoplacentarkonns vorhanden ist, und das Entoderm auf die Wand des Dottersackes sich zu erstrecken beginnt — Vorgänge die bei der weissen Maus auf den 6. und 7. Tag der Entwicklung fallen — hat das Ei etwas Spielraum innerhalb seiner Eikammer. Die Wände derselben sind durch einen Spalt vom Ei durchweg getrennt, die vielfach buchtigen wie ausgenagt erscheinenden Wandungen der Eikammer verlaufen durchaus nicht parallel der Wand des Eies, also dem Ektoderm des Dottersackes, und besonders an den Polen des elliptischen Eies reicht die Eikammer viel weiter, als das Ei selbst. Die nächste Umgebung der Eikammer zeigt sich durchsetzt mit unregelmässig begrenzten grösseren und kleineren Hohl-

räumen, die von den lacunären Blutgefässen wohl unterschieden sind, aber auch hie und da mit Bluträumen in Zusammenhang treten. Innerhalb der Eikammer liegt mütterliches Blut, das meistens direkt an das Ei herantritt. Sehr bemerkenswert ist nun die Anwesenheit sehr grosser Zellen innerhalb der Eikammer. Sie liegen, einzeln oder in Gruppen, meistens der Wandung an, und sind besonders zahlreich in den Buchten, auch sieht man sie vielfach innerhalb der Lücken, die die Eikammer umgeben. Alle diese Zellen haben einen grossen kompakten Kern, viel Protoplasma, das aber keine deutliche Begrenzung zeigt, sondern eher sich allmählig verliert: wenn auch einzelne Zellen dem Ei dicht anliegen, so ist doch die grosse Mehrzahl ausser Verbindung mit dem Ei.

Ausser diesen grossen Zellen liegt vielfach eine feinkörnige Masse, eine Art von Detritus, in der Eikammer und den umgebenden Lücken; ferner trifft man hie und da Protoplasma-massen mit mehreren Kernen an, die frei in der Eikammer liegen. Da die Wände dieses Raumes vielfach aus solchen vielkernigen Massen bestehen, kann man sich leicht davon überzeugen, dass es sich um Rückbildungsstufen von decidualem Gewebe, um „Symplasma uterinum“ im Sinne von Bonnet (1) handelt. Die Decidua der Maus besteht nämlich wesentlich aus Zellen, die unmittelbar, wie in Epithelien, aneinander liegen; durch Zusammenfliessen derartiger Deciduazellen entstehen die mehrkernigen Protoplasma-massen.

Eine genaue Untersuchung über die Herkunft und die Bedeutung der erwähnten grossen Zellen hat nun ergeben, dass diese Zellen mütterlicher Herkunft sind; sie entstehen im ganzen Bereich der Decidua, näher und ferner von der Eikammer; sie wachsen zu ganz bedeutender Grösse heran, und nehmen, wo sie liegen, das umgebende Gewebe in ihr Protoplasma auf. Nur ein kleiner Teil bleibt da liegen, wo er entstanden ist; die Mehrzahl gelangt in die Blutbahn und wird zur Eikammer hin transportirt. Hier angelangt resorbiren die Zellen das mütterliche Gewebe, verdauen das Symplasma der Wand

der Eikammer, arrodiren die Wandung der Blutlacunen, fressen Lücken in die Decidua, die der Wand der Eikammer nahe liegt, und bewirken durch fortgesetzte Lösung der Decidua die beständige Vergrösserung der Eikammer. Sie sind also Phagocyten, und gehören ihrer Grösse wegen zu den „Makrophagen;“ ich will sie „deciduale Makrophagen“ nennen.

Die Begründung der aufgestellten Sätze soll das Folgende geben, das ich durch eine mit Abbildungen ausgestattete grössere Arbeit zu vervollständigen gedenke.

Schon zu einer Zeit, in welcher die abgefurchten Eier frei im Uterus angetroffen werden, also vor der Einnistung der Eier, sieht man in der Decidua hie und da sehr grosse Zellen. Sie sind kenntlich an einem kugligen, chromatinreichen, kompakten Kern und einem dichten Protoplasma; sie übertreffen an Grösse um ein Vielfaches die nebenliegenden Zellen der Decidua. Vorwiegend liegen diese grossen Zellen in einiger Entfernung vom Uteruslumen (bis 0,2 mm) nahe der Wand lacunärer Blutgefässe; es hat den Anschein, als ob sie aus Zellen der Gefässadventitia hervorgegangen seien. Jedenfalls können sie nur mütterlicher Herkunft sein. In einem Gesichtsfeld des Mikroskops habe ich bei 80facher Vergrösserung bis zu 3 derartige Zellen angetroffen; ihre Anzahl ist aber spärlich, bevor das Ei sich festgesetzt hat.

Während nun das Ei sich weiter entwickelt, und eine Eikammer sich ausbildet, vermehrt sich langsam die Anzahl derartiger grösser Zellen; die einzelnen Zellen erreichen ganz bedeutende Dimensionen. Die jüngste derartige Zelle besass z. B. einen Durchmesser von 0,028 mm, der Kern 0,020 mm; die Durchmesser der Zellen steigen rasch auf 0,036, die der Kerne auf 0,024 mm. In späteren Stadien sind die Zellen elliptisch, die Durchmesser nehmen zu auf 0,160 zu 0,128, die Kerne messen 0,072 zu 0,060 mm. Schliesslich erreichen derartige Zellen die enormen Durchmesser von 0,240 zu 0,160, die Kerne 0,120 zu 0,100 mm.

Man trifft, so lange das Ei die Eikammer ganz ausfüllt, nur spärlich derartige grosse Zellen in der Decidua zerstreut an,

etwas zahlreicher sind sie in der näheren Umgebung des Eies; hier vermehren sie sich beträchtlich, sobald die Ausbildung des Eies vorschreitet, etwa vom 7. Tage der Entwicklung an. In einer Dicke von 0,020 bis 0,025 mm ist die deciduale Wandschicht der Eikammer von neugebildeten decidualen Makrophagen durchsetzt, diese fressen, wo sie liegen, Lücken, arrodiren Blutgefässe, und bereiten so die Vergrösserung der Eikammer durch Lösung der Wand vor. Die ferner vom Ei gelegenen grossen Zellen sieht man in die Blutgefässe eindringen; einzelne liegen der Wand an, andere ragen zum Teil in die Lichtung hinein, andere endlich sind innerhalb von Gefässen gelegen. Da derartige Bilder in jeder Serie mehrfach angetroffen werden, so muss man schliessen, dass die Makrophagen der Decidua beständig in die Blutgefässe eindringen, und vom Blutstrom weiter transportirt werden. Bemerkenswert ist, dass die in den Blutbahnen liegenden Zellen weniger Volumen haben, als die noch im Gewebe festsitzenden; es scheint, dass die Abnahme des Volumens durch Austreten von Flüssigkeit aus diesen Zellen bewirkt wird. Die im Gewebe befindlichen Makrophagen sind stets von zahlreichen Vacuolen durchsetzt, oft ganz spongiös was auf grossen Saftreichtum hinweist, auch Zelltrümmer und Kernreste liegen in ihrem Protoplasma.

In den Blutlacunen nahe der Eikammer sind immer eine Anzahl von Makrophagen vorhanden; die peripheren Blutbahnen sind frei von ihnen; es werden also die Makrophagen zur Eikammer hin befördert und gelangen, wie man direkt beobachten kann, aus arrodirtten Blutbahnen in die Eikammer selbst hinein. Die Eikammer ist der Sammelplatz für die decidualen Makrophagen, die in die Blutgefässe eingedrungen sind.

Eine genauere Betrachtung der Wände der Eikammer selbst, sowie ihrer näheren Umgebung lässt nun erkennen, dass hier Makrophagen beständig an der Entfernung mütterlichen Gewebes arbeiten. Einmal nehmen sie das Symplasma uterinum auf, das sich in der Nähe der Eikammer findet. Es ist nicht zu sagen, welche Einflüsse die Bildung des Symplasmas bewirken;

wir müssen uns mit der Thatsache begnügen, dass in der Umgebung des Säugethiereies stets mütterliche Zellen ihre Selbständigkeit verlieren und zu einem Symplasma zusammenfliessen. Das Symplasma wird nun bei der Maus von Makrophagen aufgenommen und in deren Protoplasma verdaut; dafür liefern sämtliche Serien Beweise. Da die Makrophagen einkernig sind, und ihre Kerne ganz bedeutend viel grösser sind, als die Kerne des Symplasma, so kann man genau erkennen, ob sich Symplasma in einem Makrophagen befindet, und kann die zur Lösung bestimmten Kerne von dem Kern der verdauenden Zelle unterscheiden. Aber auch diejenigen Stellen der Eikammerwand, die frei von Symplasma sind, werden von den Makrophagen angegriffen und resorbirt; die Lücken, die sich dadurch bilden, sind von den Makrophagen eingenommen, und entsprechen in ihrer Form meist den Zellconturen.

Besonders an den Polen des Eies ist die Resorption von mütterlichem Gewebe eine lebhaft; hier erfährt die Eikammer ständig eine beträchtliche Vergrösserung. An den Seitenwänden der Eikammer trifft man in den ersten Stadien, so lange noch ein gut entwickelter Ektoplacentarkonus da ist, die Makrophagen mehr einzeln; benachbarte Zellen berühren einander wohl, und die Grenzen sind nicht immer zu sehen. Nach und nach wird die Zahl der Makrophagen hier grösser; sie bilden eine ziemlich zusammenhängende Lage, die fast wie ein Epithel der Wand der Eikammer aufliegt. Zu der ersten Makrophagenschicht kommt eine zweite, eine dritte hinzu: dann umgeben concentrische Lagen sehr grosser Zellen das Ei und trennen es von der Decidua. Zwischen diesen Zellen liegen zahlreiche mütterliche Blutzellen, und die Zellen selbst sind voll von ihnen. Da nun am Ektoplacentarkonus vielfach die Makrophagenschicht an das fetale Ektoderm anstösst, kann Jemand, der die Herkunft dieser Zellen nicht von Anfang an verfolgt hat, auf die Idee kommen, sie seien von dem Ektoplacentarkonus gebildet worden; das hat auch D u v a l (2) angegeben. Man trifft zuweilen Makrophagen an, die dem Chorion unmittelbar anliegen; sie berühren

dann das Ektoderm mit breiter Fläche, und sehen wie stark vergrösserte, nach Aussen vorspringende Ektodermzellen aus. Das Protoplasma dieser Makrophagen zeigt eine Streifung; die Streifen stehen senkrecht auf der Ebene des Ektoderms. Es kann sich wohl nur darum handeln, dass die betreffenden Zellen flüssige Nahrung an das Ektoderm abgeben, und dabei in innige Berührung mit dessen Zellen treten.

Bekannt ist, dass auch bei dem menschlichen Ei im ersten Monat mehrkernige Plasmamassen zahlreich vorhanden sind, die frei in den intervillösen Räumen liegen, aber auch nicht selten den Zotten aufsitzen; entweder liegen sie der Zottenspitze an, so dass sie die Zotte verlängern, oder sie berühren mit breiter Basis den epithelialen Überzug der Seitenfläche. Man war meistens der Ansicht, dass es Teile des fetalen Syncytium sind, die sich von den Zotten lösen; mir scheint es nötig, zu untersuchen, ob es sich nicht vielmehr um mütterliche Elemente handelt, die vorübergehend an das Zottenepithel herantreten.

Die äusserste Schicht der Makrophagen ist immer locker; sie liegt eigentlich innerhalb der Eikammerwand, die Zellen dringen gruppenweise in die Decidua vor, nehmen Zellen und Symplasma auf, und eröffnen Blutlacunen. Die Decidua wird also immer mehr verdünnt. Da jetzt das Ei beträchtlich zu wachsen anfängt, die Keimblätter sich ausbilden, eine Allantoisanlage sichtbar wird, und die Organanlagen nach einander auftreten, so nimmt die Eikammer Kugelform an; ihre deciduale Wand ist nur da dick, wo die Placenta sich ausbildet, im übrigen ist sie eine rasch sich verdünnende Membran, welche die Eikammer vom lumen des uterus trennt, und als decidua capsularis bezeichnet werden muss. Nicht die Dehnung, die die Decidua durch das wachsende Ei erfährt, ist die Ursache der raschen Verdünnung, sondern die fortgesetzte Resorption des Gewebes durch die Makrophagen.

Die Vergrösserung der Eikammer bis zu diesem Stadium, d. h. bis zum 9. Tage der Entwicklung wird im wesentlichen durch das Zusammenwirken von zweierlei Vorgängen herbei-

geführt. Einmal bildet sich an vielen Orten in der Umgebung der Eikammer, und besonders auch in der Wandung selbst ein Symplasma uterinum; das ist ein Stadium der Rückbildung der Decidua, welches die spätere Lösung begünstigt. Zweitens treten Makrophagen auf, die lediglich mütterlicher Herkunft sind und aus der Decidua stammen. Diese nehmen das Gewebe der Decidua in sich auf, und verdauen es; nicht nur die Symplasmamassen werden gefressen, sondern auch solche Partien der Decidua, in denen die Zellen ihre Selbständigkeit bewahrt haben. Ebenso fallen die Wände der Blutlacunen der Zerstörung durch die Makrophagen anheim. Es handelt sich hier um eine physiologische Phagocytose in grösserem Maassstabe, die vielleicht dadurch verursacht wird, dass das Ei der Maus in der kurzen Zeit von 21 Tagen ganz bedeutend heranwächst und ausserordentlich viel Platz beansprucht, so dass die einfache Einschmelzung von decidualem Gewebe nicht hinreicht, den Platz zu schaffen. Der mütterliche Organismus trifft bei der Maus nicht nur alle Einrichtungen, die zum Schutz und zur Ernährung des Embryo notwendig sind: er sorgt auch dafür, dass der Embryo Platz für das Wachstum vorfindet. Die fetalen Gewebe, also besonders das Ektoderm, haben nur die Aufgabe, die bereit gestellte Nahrung zu resorbieren; sie sind aber nicht, wie vielfach angenommen wird, befähigt, das mütterliche Gewebe aufzulösen. Diese Leistung übernimmt der mütterliche Organismus.

Wenn nun dieser Satz auch für die Feldmaus aufgestellt werden muss, so müssen wir uns hüten, ihn ohne weitere Untersuchung auch für die andern Arten, bei denen eine Eikammer vorkommt, als gültig zu betrachten. Nur eine genaue Untersuchung jedes Einzelfalles kann darüber Aufschluss geben, wie sich die Eikammer einer bestimmten Species vergrössert. Mir ist es wahrscheinlich, dass dabei gerade so Unterschiede vorkommen, wie bei der Bildung der Eikammer selbst. Bei den Stadien von *Cavia*, die ich untersucht habe, konnte ich keine Phagocyten nachweisen, die mütterliches Gewebe auflösen; bei *Erinaceus* dagegen beschreibt Hubrecht (3) in der

Umgebung der Eikammer grosse, einkernige Zellen, in denen öfters Kernreste zu sehen sind, so dass es sich möglicherweise um Phagocyten handelt. Hubrecht, der diese Zellen „Deciduo-frakten“ nennt, konnte ihre Herkunft nicht genauer verfolgen; er ist geneigt, sie auf gewucherte Endothelzellen der lacunären Blutgefässe zurückzuführen. Beim Menschen ist es zur Zeit unmöglich, ein sicheres Urtheil über die Bildung und über die Vergrösserung der Eikammer abzugeben. Man trifft in der Decidua basalis und der Decidua capsularis jüngster menschlicher Eier neben Sympiasmamassen mehrkernige, grosse Zellen an: in diesen sind vielfach einzelne Kerne in Degeneration, andere Kernreste liegen in Vacuolen, so dass die genannten Zellen als Phagocyten angesehen werden können. Es ist aber unmöglich, die Herkunft dieser Zellen von mütterlichen Elementen mit Sicherheit nachzuweisen, ihre Abstammung von fetalen Zellen dagegen auszuschliessen.

Bisher sind die vielkernigen Zellen für fetale Bildungen, z. B. selbständig gewordene Abteilungen der äusseren syncytialen Lage des Zottenepithels, gehalten worden; das Symplasma hat man vielfach für den Rest des Epithels der Eikammer erklärt. Mir scheint, dass diese Ansichten einer genauen Nachprüfung bedürfen, und dass es ebenso gut möglich ist, die fraglichen Gebilde seien lediglich deciduale Elemente. Die Entscheidung kann aber nur fallen, wenn das vorliegende Material an jüngsten menschlichen Eiern noch bedeutend vervollständigt worden ist.

#### Citirte Literatur.

1) Bonnet, Über Syncytien, Plasmodien und Symplasma in der Placenta der Säugetiere und des Menschen. Monatsschrift für Geburtshilfe und Gynäkologie, herausgegeben von A. Martin und A. v. Rosthorn, Bd. XVIII, 1903.

2) M. Duval, Le Placenta des Rongeurs. Troisième partie Journal de l'Anatomie et de la Physiologie. 27 année, 1891, Nr. 1.

3) Hubrecht, Studies in mammalian Embryology. Quarterly Journal of microscop. Science, vol. 30, part. III, 1889.

---

Aufgelegte Schriften:

- Leopoldina. Heft XLI No. 4, 5. Halle. April, Mai 1905.  
Kgl. Preuss. geol. Landesanstalt und Bergakademie Berlin.  
Tätigkeits-Bericht pro 1904.  
Arbeitsplan pro 1905.
- Abhandlungen des naturw. Vereins zu Bremen. XVIII. Band  
1. Heft. Bremen 1905.
- Sitzungsberichte der physikal.-medicin. Societät zu Erlangen.  
36. Band 1904. Erlangen 1905.
- Jahresbericht über die Verwaltung des Medizinalwesens etc.,  
herausgeg. vom ärztlichen Verein. XLVII. Jahrg. 1903.  
Frankfurt a. M. 1904.
50. bis 54. Jahresbericht der naturhistor. Gesellschaft zu Han-  
nover für 1899—1904. Hannover 1905.
- Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königs-  
berg in Pr. 45. Jahrg. 1904. Königsberg 1904.
32. Bericht der wissenschaftl. Gesellschaft „Philomathie“ in  
Neisse 1902—1904. Neisse.
- Sitzungsberichte der physikalisch-medicinischen Gesellschaft zu  
Würzburg 1904. No. 1 bis 10.
- Verhandlungen der K. K. geol. Reichsanstalt 1905. No. 3—5.
56. Bericht der Lese- und Redehalle der deutschen Studenten  
in Prag 1904. Prag 1905.
- Sitzungsberichte des Vereins „Lotos“ in Prag 1904. N. Folge.  
XXIV. Bd. Prag 1904.
- Mitteilungen des naturwissenschaftl. Vereins für Steiermark 1904.  
Graz 1905.
- Mitteilungen des naturwissenschaftl. Vereins für Steiermark.  
Hauptrepertorium 1884—1903. Graz 1905.
- Bergens Museums Aarborg 1905. 1ste Hefte. Bergen 1905.
- Bergens Museums Aarborg 1904. Titelblatt und Register.
- Öfversigt af Fiuska Vetenskabs-Societatsens Förhandlingar XLVI.  
1903—1904. Helsingfors 1904.
- Bulletin de la société imperiale des naturalistes de Moscou 1904.  
No. 4. Moscou 1905.
- Nouveaux mémoires de la société imperiale des naturalistes de  
Moscou. Tome XVI. Livr. 3 u. 4. Moscou 1901, 1905.
- Atti della Reale Accademia dei Lincei. Rendiconti 1905. Vol.  
XIV. No. 9, 10, 11. Roma 1905.
- Atti della Società Toscana di Scienze Naturali. Vol. XIV.  
No. 6, 7. 1904, 1905.
- Rendiconto dell' Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche.  
Vol. XI. Fasc. 2<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup>. Napoli 1905.
-

# Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten  
Naturwissenschaften

zu

**M a r b u r g.**

---

---

**Nr. 6**

**Juli**

**1905**

---

---

In der ordentlichen Sitzung vom 12. Juli widmete der z. Direktor Herr M. Bauer dem verstorbenen ordentlichen Mitglied, Johann Kiessling den folgenden Nachruf:

Meine Herrn! Ehe wir in die Tagesordnung der heutigen Sitzung eintreten, ist es meine schmerzliche Pflicht, Sie an den schweren Verlust zu erinnern, den unsere Gesellschaft seit ihrem letzten Zusammensein durch den Tod ihres ordentlichen Mitglieds, Johann Kiessling erlitten hat.

Geboren am 6. Februar 1839 zu Culm in Thüringen studierte er nach vollendeter Schulzeit und bestandener Abiturientenprüfung Mathematik und Physik. Er besuchte zu diesem Zweck von 1858 bis 1863 die Universitäten zu Göttingen, Halle und namentlich die zu Königsberg, wo er in Franz Neumann einen besonders hervorragenden Lehrer fand. Hierauf widmete sich der Verstorbene dem Lehrerberuf. Zuerst war er am Joachimsthal'schen Gymnasium zu Berlin thätig, siedelte 1867 an das Gymnasium in Flensburg über und wurde 1870 an die Gelehrtenschule des Johanneums zu Hamburg berufen. Hier wirkte er 33 Jahre, bis ihn 1903 eine Herzkrankheit nöthigte, sein Amt niederzulegen. Seine Thätigkeit an dieser Anstalt war eine sehr erspriessliche; dies fand dadurch eine äussere Anerkennung, dass ihm schon 1876 der Professortitel verliehen wurde. Neben seinem Lehrerberuf widmete er sich aber

auch noch wissenschaftlichen Untersuchungen, namentlich über Dämmerungserscheinungen, insbesondere die abnorm starken, welche nach dem im Jahre 1883 erfolgten Ausbruch des Vulkans Krakatau beobachtet wurden. Zur Herausgabe dieses wichtigen Werkes gewährte ihm die Berliner Akademie eine Unterstützung und die philosophische Fakultät der Universität Greifswald drückte ihm daraufhin durch die Ernennung zum Doktor der Philosophie honoris causa ihre Anerkennung aus.

Seit seiner Pensionierung im Jahre 1903 lebte Kiessling in Marburg. In demselben Jahre wurde er ausserordentliches, im folgenden ordentliches Mitglied unserer Gesellschaft, an deren Sitzungen er sich mit regem Eifer betheiligte und der er die Resultate seiner auch hier fortgesetzten wissenschaftlichen Forschungen stets vorzutragen pflegte. In diesen hat ihn auch in der letzten Zeit die Gesellschaft noch mit ihren Mitteln unterstützt.

Bei dem ruhigen Leben in unserer Stadt schien sich das alte Leiden des Verstorbenen immer mehr zu bessern. Die Hoffnung auf Genesung war jedoch trügerisch; am 22. Juni d. J. machte ein Herzschlag diesem ganz der Arbeit und der Wissenschaft geweihten Leben ein unerwartetes plötzliches Ende. In unserer Gesellschaft wird das Andenken dieses fleissigen und eifrigen Mitglieds stets in Ehren gehalten werden. Ich fordere Sie auf, sich zu Ehren des verblichenen Kollegen von Ihren Sitzen zu erheben.

---

In derselben Sitzung sprach Herr A. Schwantke über:

**Weitere Beobachtungen an dem protogenen basaltischen Augit und über den Bastit.**

In einer früheren Sitzung (diese Berichte 1904 No. 7) wurden vom Verf. einige Beobachtungen an protogenen Augiten mitgeteilt und dabei auch auf gewisse Beziehungen zwischen den Verwachsungen dieser Pyroxene und der Diallagstruktur hingewiesen. Der Verfasser hat diese Erscheinung seitdem an einer Anzahl weiterer Vorkommen untersucht.

Die Erscheinungen der Zwischenzone zwischen rhombischem Kern und monoklinem Augitzaun (a. a. O. pag. 112 Ziffer 14) machen einen Zerfall der rhombischen Augitsubstanz in verzwillingte Partikel von monoklinem Augit wahrscheinlich, der nicht aus einer Einschmelzung und Wiederausscheidung aus dem Basalt zu erklären ist. Es wurde deshalb untersucht, ob ein solcher Zerfall des rhombischen Augit auch an Körnern eines Olivin-Pyroxen-Knollens zu beobachten ist, die nicht in unmittelbarer Berührung mit dem basaltischen Schmelzfluss gestanden haben, analog wie solche Körner auch die Erscheinung des Angegriffenseins (a. a. O. p. 111 Ziffer 7) zeigen können. Speziell wurden auch gerade solche Vorkommen besonders beachtet, die dieses Angegriffensein erkennen liessen. Es finden sich in protogenen rhombischen Pyroxenkörnern nicht selten Lamellen von monoklinem Augit eingelagert, deren Auftreten und Form durch die Annahme einer primären Verwachsung etwas schwer erklärt werden kann. Sollte nun ihre nachträgliche Entstehung aus dem Bronzit heraus angenommen werden, so war es im Hinblick auf die Erscheinungen bei der Augitzaunbildung von Interesse, zu untersuchen, ob sich an solchen eingelagerten Lamellen auch jene Zwillingstellung der monoklinen Substanz bei gleichzeitiger Orientierung zur rhombischen beobachten lässt.

Es ist in der Tat gelungen derartige zwillinglamellierte Partien im Inneren von rhombischen Pyroxenkörnern zu konstatieren. Das interessanteste Präparat lieferte ein Olivin-Pyroxen-Knollen aus dem Basalt des Staufenberges bei Lollar. Es treten hier im rhombischen Bronzit (der zugleich ein randliches Angegriffensein erkennen lässt) sehr dünne, meist unregelmässig begrenzte Partien auf, die ganz nach Art der Plagioklase aus feinen Zwillinglamellen bestehen, deren Zwillingsgrenze der Auslöschung des rhombischen Kornes parallel geht. Solche Einschaltungen sind auch im gewöhnlichen Lichte (namentlich wenn man bei gekreuzten Nicols darauf aufmerksam geworden ist) durch etwas dunklere Färbung zu bemerken. Diese Lamellen

liegen zum Teil am angegriffenen Rande, zum Teil in der Mitte, so dass an die Zufuhr irgend welcher Stoffe von aussen nicht wohl gedacht werden kann, während andererseits eine primäre Verwachsung von rhombischem mit monoklinem Augit in dieser Weise schwer zu erklären und an anderer Stelle auch noch nicht beobachtet ist.

Gegen die Annahme einer direkten Umwandlung von rhombischem in monoklinen Pyroxen sind vor allem chemische Bedenken erhoben worden und es ist insbesondere betont worden, dass dazu eine Zufuhr von Kalk notwendig ist. Die in den rhombischen Pyroxenen vorkommenden Metasilikate von Eisen und Magnesia kristallisieren beide rhombisch und sind deshalb in beliebigen Mengenverhältnissen isomorph mischbar, während das entsprechende Kalksilikat monoklin kristallisiert. Es ist deshalb die Kristallform der isomorphen Mischungen des Kalksilikats mit dem Magnesia- und Eisensilikat gleichfalls monoklin. Die Analysen der rhombischen protogenen Augite zeigen einen geringen Kalkgehalt, den man (neben der fast stets auch vorhandenen Tonerde) für solche monokline Augiteinlagerungen deuten könnte. Im Falle einer sekundären Umwandlung ohne eine Addition von aussen würden wir uns dann vorstellen können, dass die ursprüngliche isomorphe Beimengung des Kalksilikates im Bronzit einen labilen Gleichgewichtszustand darstellt, und so zur Herausbildung der sekundären Interpositionen führen konnte.

Eine solche Hypothese wäre nicht neu. Sie ist für eine andere wichtige Mineralgruppe bereits aufgestellt worden. R. Brauns<sup>1)</sup> hat die Umwandlung des Orthoklas in Mikroklin auf solche Weise dadurch erklärt, dass durch die isomorphe Mischung von monokliner Kalifeldspatsubstanz mit trikliner Albitsubstanz die Kristallform des natronhaltigen Orthoklas mit labiler Gleichgewichtslage ausgestattet ist, infolge deren sie später eine Umwandlung in die triklone Kristallform des Mikro-

---

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

klin erfahren kann. In unserem Falle wäre die isomorphe (metastabile) Mischbarkeit des Kalksilikates mit dem Magnesia-Eisensilikat eine wesentlich geringere als zwischen Kali- und Natronfeldspat, so dass sich viel häufiger die primären Verwachsungen von rhombischer mit monokliner Augitsubstanz bilden werden als solche labile Mischungen.

Der Verfasser ist auf die hier vorliegenden Fragen durch seine Arbeiten über basaltische Gesteine geführt worden und es wurde deshalb mit besonderer Absicht versucht, zunächst die Frage an diesem engeren aber darum einheitlicheren Material möglichst vollständig zu untersuchen. Es lässt sich nun wohl sagen, dass auch bei fortgesetzten Studien sich zwar vielleicht weitere interessante Beobachtungen aber wohl kaum weitere entscheidende Momente ergeben würden.

Ein weit grösseres und darum ergiebigeres Beobachtungsfeld liefert schon das Studium der ganzen Reihe der Gesteine der Gabbrogruppe. Wir haben hier den Vorteil, diese Mineralien nicht nur in ganz frischen, sondern auch in den älteren Gesteinen zu beobachten, was gerade für die Frage der Umwandlungsvorgänge von grosser Wichtigkeit ist. Demgemäss ist auch der Verfasser dazu übergegangen, die an den basaltischen Pyroxenen gemachten Beobachtungen durch das Studium der entsprechenden Erscheinungen in anderen verwandten Gesteinen weiter zu verfolgen.

Es war von Interesse, mit den frischen basaltischen Olivin-Pyroxenfeldern die umgewandelten Harzburgite insbesondere das Gestein von der Baste zu vergleichen. Die Umwandlung des rhombischen Augit ist hier in verschiedenen Stadien zu verfolgen und seine Struktur bietet ebensoviel Probleme, wie die des monoklinen Diallag der Gabbrogesteine.

Es ist auffallend, dass der merkwürdige Bastit seit den älteren Arbeiten von Websky, Streng, Tschermak u. A. eigentlich in neuerer Zeit mit den uns heut zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln keine eingehendere Untersuchung mehr erfahren hat. Was wir bisher von ihm wissen, ist recht rätselhaft. Der

Bastit gilt allgemein als eine Umwandlung von Enstatit in Serpentin. „Bastit oder Schillerspat heisst die vollendete Pseudomorphose von Serpentin nach rhombischen Pyroxenen“ (Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie, Bd. 1, II. Hälfte 150. 1905). Dazwischen steht ein noch pyroxenisches Stadium, das Hausmann Diaklasit (Diaklas Breithaupt), Streng Protobastit nannte. Seine Abgrenzung ist sowohl nach der einen als nach der anderen Seite sehr unsicher. Nach der gewöhnlichen Auffassung ist er ein rhombischer Augit mit abweichender Orientierung der Elastizitätsachsen, die man als den Beginn der Umwandlung zu Bastit deutet, während andererseits „dieses Produkt der beginnenden Umwandlung kaum sicher von Bastit zu trennen ist.“ (Rosenbusch a. a. O.). Die Umwandlung ist begleitet von einem Sinken der Härte und des spezifischen Gewichtes. Für dieses rätselhafte Zwischenstadium wird gewöhnlich der Strengsche Name Protobastit gebraucht, es ist aber wohl richtiger mit Rosenbusch den Hausmannschen Namen Diaklasit beizubehalten, da Streng später seine Benennung zurückgezogen hat, und diese dann sinngemäss für die noch vorhandenen Reste von wirklichem Enstatit zu verwenden, wenn sie nicht überhaupt zu streichen ist. Einen besonderen Namen für das pyroxenische Umwandlungsprodukt beizubehalten ist durchaus berechtigt, da es nicht, wie Weinschenk will (Die gesteinsbildenden Mineralien 1901. 98) einfach als Gemenge von Serpentin mit Resten von Augit erklärt werden kann. Dass das Material tatsächlich ein Pyroxen ist, geht aus den Strengschen Analysen (Neues Jahrb. f. Min. 1862. 528) deutlich hervor.

Als Charakteristikum für den Diaklasit wird ausser der Teilbarkeit und dem bezeichnenden Glanze besonders noch eine faserige Beschaffenheit längs der *c*-Achse angegeben, die man wohl als beginnende Umwandlung zu Bastit deutet. Die Untersuchungen des Verf. haben nun ergeben, dass diese Faserung des Diaklasit (und ebenso dann wohl auch die Teilbarkeit) auf einem lamellaren Aufbau aus monoklinen Lamellen beruht. Die Lamellen sind äusserst fein, aber in geeigneten

Schnitten sicher zu erkennen, ebenso wie die schiefe Auslöschung, die in den abwechselnden Lamellen deutlich symmetrisch zur Zwillingsgrenze vorläuft. Die betreffenden Schnitte (parallel *c* und senkrecht zur Teilbarkeit) zeigen auch ganz wie die Plagioklasschnitte der symmetrischen Zone die gleichmässige Beleuchtung bei einer Drehung um  $45^{\circ}$  gegen die Richtung der *c*-Achse. Der Winkel der Auslöschung ist etwas geringer als der des gewöhnlichen monoklinen Augit, wie dies auch bezüglich der beschriebenen lamellierten Einschlüsse im Bronzit vom Staufenberge zu bemerken ist. Daneben ist aber auch der gewöhnliche sehr schief auslöschende monokline Augit vorhanden, von den ebenerwähnten monoklinen Lamellen deutlich zu unterscheiden und mit ihnen in orientierter Verwachsung. Ja sogar das Analogon zu der Verwachsung des monoklinen Augit nach Art eines Augitzaunes, wie es Verf. aus einem Olivinfels von Amöneburg beschrieben hat, ist vorhanden. Die Beobachtungen am umgewandelten Enstatit von der Baste bieten also eine interessante und wichtige Bestätigung der vom Verfasser an basaltischen Augiten studierten Erscheinungen.

Es sollen nunmehr die Untersuchungen des Verfassers an der Hand der dazu notwendigen Abbildungen in einer zusammenfassenden Arbeit im Neuen Jahrbuch für Mineralogie mitgeteilt werden.

---

Hierauf machte Herr C. Ochsenius einige Mitteilungen im Anschluss an seinen Vortrag von 1903:

#### **Über unsere Kalisalze.**

Bei den vermittelt Diamantkrone unternommenen Tiefbohrungen zur Feststellung der Lagerungsverhältnisse der Kalibetten kommt es zuweilen vor, dass man sich auf Grund der an dem Bohrkern sichtbaren Schichtung über die Richtung des Einfallens der Schichten orientieren muss. Das geschieht in

der Weise, dass eine Boussole am untern Ende des Bohrgestänges angebracht wird, deren Nadel zu einer gegebenen Zeit, nach dem man 1—2 m gebohrt hat, durch ein Uhrwerk arretirt wird. Nach dem Aufholen des sich immer etwas drehenden Gestänges bringt man den Kern in diejenige Lage, die durch die nicht mehr arretirte Nadel angezeigt wird, d. h. man hat dann den Kern genau so orientirt wie er unten im Bohrloch gesessen hat.

Die Anwendung des ad hoc construierten Instrumentes, des Strata meters, schliesst jedoch nur selten die Notwendigkeit von Controllbohrungen aus, weil seine Angaben fast nie auf weite Erstreckungen für die Lagerungsverhältnisse massgebend sind.

Weiter ist es oft von Interesse, die Temperatur in der Tiefe eines Bohrlochs zu bestimmen. Aber eine Thermometerbeobachtung beanspruchte bisher durch Einlassen und Aufziehen des den entsprechenden Apparat bergenden Gestänges recht viel Zeit und Arbeit mit erheblichen Kosten (jede 10 m des Gestänges verlangen an 5 Minuten für Einlassen und Aufziehen, und dabei Tätigkeit des gesamten Personals, Dampfmaschinenbetrieb u. s. w.).

H. Thumann in Halle a. d. S. hat nun ein Verfahren erfunden, bei dem jeder Zeit- und Geldaufwand wegfällt. Die Thumann'sche Methode ist folgende: Ein oben offenes schräg abgeschnittenes Quecksilber-Thermometer steckt wohlverwahrt in einer cylindrischen, oben rundlich konisch zugespitzten, also zuckerhutähnlichen Hülse, die einen geringern Durchmesser hat, als die gerade in Tätigkeit tretende Diamantbohrkrone.

Die Thermometerhülse wird einfach nach dem Aufholen des Gestänges in das (mit Spülwasser angefüllte) Bohrloch geworfen, sinkt langsam unter und setzt sich unten auf das Gestein oder den dieses bedeckenden Schlamm auf, hat während des Einlassens des Gestänges reichlichst Zeit, die Temperatur der Umgebung anzunehmen und wird dann von der von oben herabkommenden Bohrkrone eingeschachtelt. Diese in Bewegung (bis

150 Umdrehungen in der Minute) producirt einen Steinkern, dessen Länge man oben leicht bestimmen kann, und bricht ihn zum Aufholen ab. Mit ihm gelangt also die Hülse mit dem Thermometer oben an das Tageslicht. Das Instrument wird dann in Wasser gesetzt, das man so lange erwärmt bis das Quecksilber gerade ausfließen will, und die Wassertemperatur gibt genau die Wärmegrade an, die unten das Quecksilber zum Ausfließen gebracht haben.

Der Vortragende selbst hat einen sehr einfachen Solheber erfunden, der dazu dient, aus jeder bestimmten Stelle in einem Bohrloch die angetroffene Sole unvermischt heraufzubringen.

Der Kork einer Glasflasche wird senkrecht durchbohrt und mit einem Zuckerpfropfen verschlossen.

Man lässt die (am besten mit Ton) unten beschwerte Flasche bis zu der Solstelle und erwartet das Aufsteigen der Luft aus der Flasche, deren Zuckerschluss selbst von concentrirtester Salzsole noch gelöst wird. Beim Aufziehen kann keine weitere Flüssigkeit in die volle Flasche treten, die geringe Menge gelösten Zuckers ist sehr unbedeutend und kann erforderlichenfalls durch Fehlingsche Lösung leicht genau bestimmt werden.

Des weitern berichtete Ochsenius über das Antreffen der Kalischichten in der Gegend von Fulda nnter Buntsandstein.

Die thüringensche Nebenbucht des grossen norddeutschen Zechsteinbusens enthält zwei Kalihorizonte, die durch etwa 60 m mächtiges Steinsalz getrennt sind.

Bisher nahm man an, dass die Gegend des Rhöngebirges die westliche Grenze der Bucht sei; nun hat sich ergeben, dass die tertiäre Basaltmasse der Rhön jene in zwei Teile getrennt hat. An 100 Quadratkilometer Kaliterrain sind um NeuhoF zwischen den Gemarkungen Flieder, Oberbimbach, Pfaffenrod und Karzell südlich von Fulda durch Tiefbohrungen nachgewiesen.

Lagerungsverhältnisse, Mächtigkeit und Qualität der Salze entsprechen ganz denen im Osten der Nebenbucht.

Leider ist die Aussicht auf weitere Aufschlüsse, welche für die arme Bevölkerung jenes Teiles des Hessenlandes eine wohlverdiente Wohltat wäre, durch die kürzlich decretirte Mutungssperre abgeschnitten.

Somit wird die Versorgung von Südwestdeutschland an Düngesalzen fast ausschliesslich den thüringenschen Werken zufallen, wobei die preussisch gewordenen frühern kurhessischen Landesteile leer ausgehen.

Sodann demonstirte Herr F. Richarz zuerst die von dem inzwischen verstorbenen Mitgliede Joh. Kiessling in der Sitzung vom 10. Mai beschriebene **Kondensation** in übersättigten Wasserdampf durch eine einzelne **Funkenentladung** (s. diese Sitz. Ber. oben pag. 57). Der Versuch ist von Herrn E. Barkow ausgeführt worden. In Anknüpfung an diese Demonstration erwähnt der Vortragende, dass er schon bei der Discussion „über die weiteren Kondensationsversuche“ von Herrn Joh. Kiessling in der Januarsitzung der Gesellschaft darauf hingewiesen habe, wie das Vorkommen ungeladener Tröpfchen bei der durch elektrische Prozesse hervorgerufene Kondensation von Wasserdampf erklärbar sei. Chemisch aktive, isolierte Sauerstoffatome  $O_1$ , deren mehr als momentane Existenz schon Robert von Helmholtz und ich behauptet haben [vergl. L. Grätz, Ber. d. Deutsch. Physik. Ges., Sitz. v. 17. II. 1905, pag. 84], könnten sehr wohl auch elektrisch neutral sein, indem sie in dem ionisirten Gase durch Vereinigung eines positiven Sauerstoffatomions [ $O_1^+$ ] mit zwei freien negativen Elektronen entstehen. Solche aktiven Sauerstoffatome könnten dann durch „chemische Erschütterung“ in dem Sinne von Robert von Helmholtz und mir (Wied. Ann. **32**, p. 1. 1887; **40**, p. 161. 1890) die Auslösung der Kondensation veranlassen.

Sodann erläuterte Herr F. Richarz die Darstellung verschiedener Fälle von **Isothermen** auf **Platten** vermittels der beiden thermoskopischen Substanzen Jodkupfer- und Jodsilber-

Jodquecksilber. Diese Demonstrationen sind ausgegangen von denjenigen der „Brechung von Isothermen“, welche der Vortragende der Gesellschaft in der Sitzung vom 25. Juni 1902 gezeigt hat. (S. auch Naturw. Rdsch. 17, Nr. 38, 18. September 1902). Von den neuen Darstellungen ist im hiesigen Institut ein Fall bereits i. J. 1903 von Herrn C. Seargent ausgearbeitet worden, die übrigen Fälle von Herrn Otto Hess, welcher dieselben vorführte. Seine Inauguraldissertation enthält die ausführliche Beschreibung.

Schliesslich berichtete Herr F. Richarz über die im Institut als Doktorarbeit von Herrn Rob. Thomas ausgeführte Bestimmung der spezifischen Wärme von Helium, die schon in den „Folgerungen aus der Theorie des Gesetzes von Dulong und Petit“ in diesen Sitz. Ber. vom 13. Juli 1904 (pag. 61) erwähnt wurde, und knüpfte daran folgenden Vortrag:

### **Ueber den Beweis der Einatomigkeit eines Gases aus der direkten Bestimmung seiner Molekularwärme.**

Es könnte aus der Dissertation von Herrn Rob. Thomas vielleicht das Missverständnis entstehen, als ob die Bestätigung des Wertes 3 für die Molekularwärme nicht ein selbständiger Beweis für die Einatomigkeit der Heliummolekeln wäre, sondern nur eine Consequenz des von Sir William Ramsay gefundenen Wertes  $5/3$  für das Verhältnis  $k = c_p/c_v$  der beiden spezifischen Wärmen. Nun hat sich Herr Rob. Thomas, entsprechend der Entstehungsgeschichte seiner Arbeit, in ihr an diejenige theoretische Herleitung des obigen Wertes der Atomwärme 3 eines einatomigen Gases angelehnt, welche ich in meinen Arbeiten<sup>1)</sup> über die Theorie des Gesetzes von Dulong und Petit gegeben habe. Deshalb möchte ich hier auch noch jenen Wert in einer solchen, direkteren Weise theoretisch ableiten, dass es mit Ausschluss der Möglichkeit jenes Missverständnisses einfach erkennbar

---

1) Wied. Ann. 48, p. 708, 1893; 67, p. 704, 1899. Limpricht-Festschr. Greifswald 1900. Naturw. Rdsch. 9, p. 221, 237, 1894; 15, p. 221, 1900.

wird, wie der durch die Versuche des Herrn Rob. Thomas ermittelte Wert für die Molekularwärme des Helium einen unabhängigen Beweis für die Einatomigkeit der Heliummolekeln bildet. Jede einzelne der folgenden Erörterungen geht von principiell bekannten Beziehungen aus; die Combination zum erwähnten Beweis ist neu.

Aus dem direkt experimentell ermittelten Werte von  $c_p$  für irgend ein Gas folgt bekanntlich  $c_v$  für dasselbe rein aus der Thermodynamik nach der Formel:

$$J \cdot (c_p - c_v) = R$$

(vergl. z. B. Helmholtz, Vorlesungen, VI. pag. 185), wo  $J$  das mechanische Wärmeäquivalent = 424 Kilogrammometer  $\times$  Schwere  $g$ . Für die Gasconstante  $R$  (s. ebenda pag. 196, Anm. d. H.) gilt:

$$R = \frac{848,5}{M} \times g,$$

wo  $M$  das Molekulargewicht des betreffenden Gases. Also ganz allgemein:

$$c_p - c_v = \frac{848,5}{424 \cdot M} = \frac{2,001}{M}.$$

Das Molekulargewicht eines Gases wird nun, ebenfalls vollkommen frei von der Annahme, ob eine Molekel aus einem oder mehreren Atomen besteht, nach dem Gesetz von Avogadro durch Wägung direkt ermittelt; und so findet sich ganz allgemein die Molekularwärme eines Gases aus  $M$  und  $c_p$ :

$$M \cdot c_v = M \cdot c_p - 2,001.$$

Ausserdem folgt aber ein Wert für die Atomwärme aus der kinetischen Gastheorie bei der Annahme, dass die Molekeln aus nur je einem Atom bestehen. Diese Ueberlegungen knüpfen an Helmholtz, Vorlesungen, VI, pag. 405 an. Bezeichnen wir mit  $L_p$  die lebendige Kraft der Progressivbewegung der im Volumen  $v$  der Masseneinheit enthaltenen Molekeln, so ist bei einem einatomigen Gase die innere Energie  $U = L_p$ , da intramolekulare Energie nicht in Betracht kommt. Ferner ist allgemein:

$$L_p = \frac{3}{2}pv$$

und also für ein einatomiges Gas:

$$U = \frac{3}{2}pv,$$

wobei die innere Energie als gleich Null beim absoluten Nullpunkt der Temperatur angesehen wird, dabei aber auch noch einen constanten Wert haben könnte, der aber von der Temperatur unabhängig sein müsste und für  $L_p$  nicht in Betracht käme. Die spezifische Wärme  $c_v$  misst den Zuwachs der inneren Energie pro Grad Temperaturerhöhung; es ist mithin:

$$U = J \cdot c_v \cdot \vartheta$$

und für ein einatomiges Gas also:

$$J \cdot c_v \cdot \vartheta = \frac{3}{2}pv$$

oder

$$J \cdot c_v = \frac{3}{2} \cdot \frac{pv}{\vartheta}$$

Es ist  $(pv/\vartheta)$  nach der Definition die Gasconstante  $R$  und also im Allgemeinen wie oben  $= (848,5/M) \times g$ . Bei einem einatomigen Gas wird  $M$  gleich  $A$ , dem Atomgewicht. Wenn wir auch wieder für  $J$  seinen Wert einführen, wird bei einem einatomigen Gase:

$$\underline{A \cdot c_v} = \frac{3}{2} \cdot \frac{848,5}{424} = \underline{3,002}$$

und diese Ableitung hat von dem Werte des Verhältnisses ( $k = c_p/c_v$ ) der beiden spezifischen Wärmen keinen Gebrauch gemacht.

Wenn daher für ein Gas aus spezifischer Wärme  $c_p$  und aus Gasdichte folgt, dass die nach der zuerst abgeleiteten Gleichung:

$$M c_r = M c_p - 2,001$$

berechnete Molekularwärme  $M \cdot c_v$  den Wert von nahezu 3 hat, so folgt vollkommen selbständig aus der soeben abgeleiteten Gleichung ( $A \cdot c_v = 3,002$ ), dass

$$M = A$$

ist, d. h. dass eine Molekel aus nur je einem Atom besteht.

Herr Rob. Thomas hat direkt experimentell bestimmt für Helium  $c_p = 1,250$ . Nach Sir W. Ramsay ist für Helium, ohne Hypothese, aus der Gasdichte bestimmt, das Molekulargewicht  $= 3,96^1)$ , wobei dahingestellt bleibt, aus wieviel Atomen je eine Molekel besteht. Also wird für Helium:

$$M \cdot c_p - 2,001 = 3,96 \times 1,250 - 2,001 = 2,949$$

also in der Tat bewiesen, dass die Heliummolekel einatomig ist, in Uebereinstimmung mit der aus  $k = c_p/c_v$  von Sir W. Ramsay gezogenen Schlussfolgerung.

Für Argon hat Wilh. Dittenberger in seiner Hallenser Inauguraldissertation (1897)  $c_p = 0,1233$  bestimmt. Das Molekulargewicht von Argon ist nach Ramsay  $= 39,92^1)$ ; es folgt für Argon:

$$M \cdot c_p - 2,001 = 39,92 \times 0,1233 - 2,001 = 2,922.$$

ebenfalls also in Uebereinstimmung mit Ramsay die Einatomigkeit der Argonmolekel beweisend.

---

#### Aufgelegte Schriften:

- Transactions of the Wisconsin Academy. Vol. XIV. Pt. II. 1903.  
Madison 1904.  
University of Montana. Annual Report 1903—1904.  
Memoirs of the Boston Society of Natural History. Vol. V.  
No. 10, 11, Titelblatt; Vol. VI. No. 1. Boston 1904. 1905.  
Proceedings of the Boston Society of Natural History. Vol. XXXI.  
No. 2—10, Titelblatt; Vol. XXXII. No. 1, 2.  
Boston 1903. 1904.  
Occasional Papers of the Boston Society of Natural History. VII.  
1, 2, 3. Boston 1904.  
Price List of Publications of the Boston Society of Natural History.  
Boston 1904 Febr.

---

1) F. Kohlrausch, Lehrbuch d. prakt. Physik, 1905, pag. 624.

# Sitzungsberichte

## der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

**M a r b u r g.**

---

---

**Nr. 7**

**November**

**1905**

---

---

In der ordentlichen Sitzung vom 8. November widmete der Director, Herr M. Bauer dem verstorbenen Ehrenmitgliede der Gesellschaft Albert von Kölliker den folgenden Nachruf:

Meine Herren!

Am Nachmittag des 2. November d. J. starb zu Würzburg im Alter von 88 Jahren der Geheimrath und Professor Dr. Albert v. Kölliker, einer der verdientesten und berühmtesten Anatomen und Histologen unserer Tage. Gleichzeitig haben wir in dem Entschlafenen das älteste Ehrenmitglied unserer Gesellschaft verloren. Kölliker ist seiner Abstammung nach ein Schweizer. Er wurde am 6. Juli 1817 in Zürich geboren. In seiner Vaterstadt, sodann in Bonn und Berlin widmete er sich 1836—1841 dem Studium der Medizin, habilitierte sich 1843 als Privatdozent an der Universität Zürich und wurde daselbst im Jahre 1844 ausserordentlicher Professor der Physiologie und der vergleichenden Anatomie. 1847 folgte er einem Ruf als ordentlicher Professor nach Würzburg, wo er zunächst dieselben Fächer, von 1849 ab auch die Anatomie vertrat. 1866 legte er die physiologische Professur nieder und beschränkte sich in seiner Lehrthätigkeit auf Anatomie, Histologie und Entwicklungsgeschichte. 1902 trat er in den Ruhestand, setzte aber seine eifrige, umfassende und erfolgreiche litterarische Thätigkeit auch nachher noch im gleichen Umfang wie früher fort. Unsere Gesellschaft ernannte den Verstorbenen um seiner grossen wissenschaftlichen Verdienste willen im Jahre 1897 zu ihrem Ehrenmitglied. Ich fordere Sie auf, sich zu seinem Andenken von Ihren Sitzen zu erheben.

---

Ferner sprach Herr Fr. Heusler:

### Ueber schmiedbare magnetische Bronzen.

Vor 3 Jahren habe ich an dieser Stelle<sup>1)</sup> über die Resultate umfangreicher Versuche berichtet, die ich mit Unterstützung des Herrn Fr. Richarz und seiner Schüler W. Starck und E. Haupt über die magnetischen Eigenschaften eisenfreier Manganlegierungen angestellt hatte. Die erhaltenen Resultate sind bestätigt und erweitert worden durch die Herren Gumlich,<sup>2)</sup> Austen,<sup>3)</sup> Take,<sup>4)</sup> Wedekind<sup>5)</sup> und Hill.<sup>6)</sup> Herr Hadfield, welchem ich auf seinen Wunsch Proben meiner Manganaluminiumkupfer-Legierungen überlassen hatte, hat dieselben der British Association<sup>7)</sup> vorgelegt und neuerdings in Gemeinschaft mit Herrn J. A. Fleming<sup>8)</sup> eigene Versuche an Ringen aus Manganaluminiumkupfer mitgeteilt, die er selbst

1) Heusler, Schriften der Ges. Marburg bei Elwert; (13) 1904, 255; W. Starck und E. Haupt a. a. O. 263, vgl. auch Verhandl. deutsch. phys. Ges. 5, 219; 220 und Verhandl. d. Vereins z. Bef. d. Gewerbflusses 1903, 277 sowie Zeitschr. angew. Chem. 1904, 260.

2) Gumlich, *Drudes Annalen* 16, p. 535—550, 1905.

3) L. Austen, *Verhandl. deutsch. phys. Ges.* 6, 211.

4) Take, *Inaug. Diss. Marburg 1904*; diese *Sitz. Ber. Nr. 3*, p. 35, 1905. *Verhandl. deutsch. phys. Ges.* 7, 133.

5) Hr. Wedekind, welcher *Ber. deutsch. chem. Ges.* 1905 (38), 1228 ein Verfahren zur Darstellung von Manganbor mitteilte, hat nach Empfang meiner brieflichen Mitteilung, in welcher ich ihn auf die von ihm übersehenen magnetischen Eigenschaften des Manganbors aufmerksam machte, in einem Vortrag vor der deutschen Bunsengesellschaft hierüber berichtet, vergl. *Zeitschr. f. Elektrochemie* 1905, 850. Die Magnetisierbarkeit von Manganantimon und Manganarsen ist bekanntlich ebenfalls von mir festgestellt und wird in Marburg einer genaueren Untersuchung unterzogen werden, sobald die für Wissenschaft und Praxis ungleich wichtigeren Untersuchungen der Legierungen von Mangan, Aluminium und Kupfer dies zugänglich erscheinen lassen.

6) Hill, *the Physical Review* 1905.

7) Hadfield, *Chem. News* 90, 180, vgl. *Chem. Centralblatt* 1904, 2, 1440; 1627.

8) Fleming u. Hadfield, *Proc. of the Royal Society* Vol. 76, A, 271 (1905).

gegossen hatte. Diese Publikation hat die von Fleming und Hadfield wohl kaum erwartete Folge gehabt, dass in amerikanischen, österreichischen und sogar deutschen Zeitschriften Referate erschienen, in welchen die genannten Autoren als die Entdecker der magnetisierbaren Manganlegierungen bezeichnet<sup>1)</sup> oder in denen wenigstens<sup>2)</sup> nicht erwähnt wird, dass die von Fleming und Hadfield mitgeteilten Tatsachen nur eine Bestätigung der von meinen Mitarbeitern W. Starck und E. Haupt ausgeführten Messungen bieten. Zu meinem lebhaften Bedauern muss ich feststellen, dass die Herren Fleming und Hadfield meine Abhandlungen nicht citiert, auch nicht bemerkt haben, dass quantitative Messungen in grossem Umfang bereits vorlagen.<sup>3)</sup> Es ist also nicht ausschliesslich die Schuld der betreffenden Referenten, wenn sie so irreführende Referate verfasst haben.

Inzwischen sind sowohl in meinem Laboratorium auf der Isabellenhütte bei Dillenburg als auch im physikalischen Institut in Marburg weitere Untersuchungen über die magnetisierbaren Manganlegierungen nach den verschiedensten Richtungen ausgeführt bzw. im Gange. Ich habe dabei die sehr wichtige Beobachtung gemacht, dass gewisse kupferreiche Manganaluminiumbronzen von relativ noch hoher Magnetisierbarkeit sich schmieden lassen. Die Schmiedestücke sind in Wasser abgelöscht fast unmagnetisch, werden aber beim Altern magnetisierbar. Hiermit ist ein Material gefunden, welches ausserordentlich geeignet für das Studium der Umwandlungserscheinungen ist. Die wertvollen von Herrn Take erhaltenen

1) The Electrician 1905; Electrical World and Engineer (New York 1. Juli 1905 S. 15); Wiener elektrotechn. Neuigkeitsanzeiger 1905, 79; 90.

2) Beiblätter zu Ann. Physik 1905, Bd. 29, p. 967.

3) Ihre Abhandlung beginnt mit dem Satz:

„The exhibition by one of us (Mr. R. A. Hadfield) at the British Association Meeting at Cambridge in 1904, of a Sample of a magnetic alloy first prepared by Dr. Heusler, composed of copper, aluminium, and manganese, having aroused considerable interest, we felt that the quantitative measurement of the principal magnetic constants of such a material would be of very considerable interest. We, therefore, undertook at the earliest moment experiments with this object in view . . . .“

diesbezüglichen Resultate werden dadurch noch wesentlich erweitert. Es wäre aber verfrüht, wenn ich die vorliegenden Beobachtungen, welche Herr P. Asteroth durch genaue Messungen ergänzen wird, schon heute veröffentlichen wollte.

---

Sodann trug Herr F. Richarz vor:

**Über Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärme  
fester Elemente**

und

**über spezifische Wärme und spezifisches Gewicht ihrer  
allotropen Modifikationen**

nach der aus dem Physikalischen Institut hervorgegangenen Inauguraldissertation von Herrn A. Wigand. Den dieser Arbeit zu Grunde liegenden Gedankengang hat der Vortragende bereits in der Sitzung vom 13. Juli 1904 Seite 62—66 skizzirt, und möchte im Folgenden hierauf zum Teil etwas ausführlicher zurückkommen.

In Nr. 6 der Sitz. Ber. d. J., Julisitzung, ist auf Seite 93 bis 96 die Ableitung für den Wert der Atomwärme eines einatomigen Gases zu finden:

$$A \cdot c_v = 3.$$

Das Produkt aus Atomgewicht  $A$  multiplicirt mit spezifischer Wärme bei constantem Volumen hat (bis auf unsichere Ziffern der dritten Dezimale) den Wert 3.

Für einatomige feste Körper gilt jedoch jene einfache Ableitung nicht, da bei der Erwärmung zu der Bewegungsenergie der Atome noch eine Energie der Lage hinzukommt. Wir wollen die Erwärmung des Körpers bei constantem Volumen betrachten; die Arbeit gegen den äusseren Druck soll also gleich Null sein. Beim absoluten Nullpunkt sind die Atome als ruhend anzusehen, d. h. sie haben keinen Inhalt an progressiver Bewegungs-Energie.

Jedes Atom ruht in seiner mittleren Lage, der Lage stabilen Gleichgewichts, sodass sich sämtliche Kräfte, die von den Nachbaratomen auf das betrachtete Atom ausgeübt werden, das Gleichgewicht halten. Wird Wärme zugeführt, so gerät das Atom unter dem Einfluss der Nachbaratome in oscillatorische Schwingungen; es erhält lebendige Kraft. Ausserdem wächst zugleich mit der Temperatur die mittlere Entfernung des Atoms von seiner Gleichgewichtslage. Da hierbei Arbeit geleistet wird gegen die Kräfte, die das Atom in seiner Gleichgewichtslage zu halten bestrebt sind, so besitzt das Atom auch eine Energie der Lage.<sup>1)</sup>

Die Energie der Bewegung allein genommen ist auch für je ein Atom eines festen Körpers dieselbe wie bei einem Gase; das beweisen die mechanischen Deutungen des 2. Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie nach Clausius, Boltzmann und Helmholtz. Die bei einem Atom eines festen Körpers nach dem Obigen hinzukommende Energie der Lage hat nun eine jener Energie der Bewegung gleiche Grösse. Dies lässt sich sehr allgemein und streng beweisen mit Hülfe des Clausiusschen Virialsatzes.<sup>2)</sup> Ich will hier diejenige Ableitung bringen, die ich mit Rücksicht auf die Chemiker, für die das Gesetz von Dulong und Petit doch auch von so grosser Wichtigkeit ist, unter vereinfachenden Annahmen seit einigen Jahren in der theoretischen Ergänzungsvorlesung zur Experimentalphysik vortrage.

Man denke sich die Wärmebewegung der Atome auf kreisförmigen Bahnen geschehend. Je lebhafter die Bewegung ist, um so grösser wird auch der Abstand des schwingenden Atoms

---

1) Es sei bei dieser Gelegenheit bemerkt, dass die Ausstellung, die Happel (Ann. d. Phys. IV. Folge, 13, p. 340, 1904) an der strengen Theorie macht, bereits in meiner ersten Abhandlung (Wied. Ann. 48, p. 710, Anm. 2, 1893) berücksichtigt ist. Es heisst dort, dass die mittlere Gleichgewichtslage eines Atoms unverändert bleibt. Happel hat dies noch mathematisch nachgewiesen.

2) F. Richarz, Wied. Ann. 48, p. 468 und 708, 1893.

von der Gleichgewichtslage sein; je grösser die kinetische Energie um so grösser auch die potentielle.

Die kreisförmige Bewegung können wir bei solchen pendelartigen Schwingungen in eine horizontale und eine vertikale oscillatorische Komponente zerlegen:

$$ABCD = A'B'C'D' + A''B''C''D''.$$

Aus dem „Flächensatz“ folgt für die ganze Bahn konstante Geschwindigkeit. Bei *A* besteht nur die vertikale, bei *B* nur die

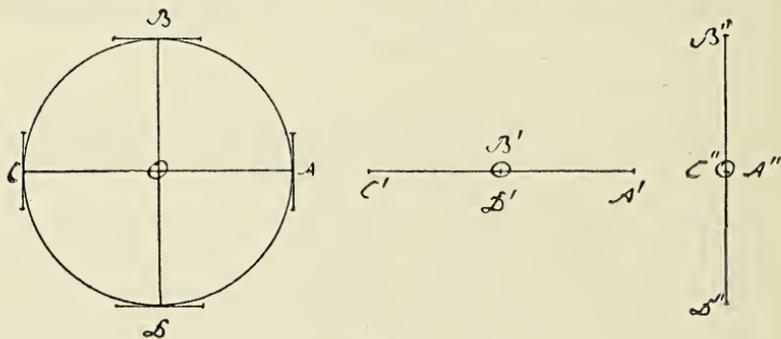


Fig. 1.

horizontale Geschwindigkeitskomponente u. s. w. Ist die eine Komponente gleich Null, so wird die andere gleich der konstanten Kreisgeschwindigkeit.

In dem Augenblicke, in welchem das Atom den Punkt *A* passirt, denke ich mir seine lebendige Kraft weggenommen. Bleibt noch die potentielle Energie. Wenn ich das in *A* ruhend gedachte Atom wieder loslasse, beschreibt es alsdann die Oscillation *A'B'C'D'*. Auf dem Wege von *A* bis *B'* hat sich seine gesammte potentielle Energie in kinetische umgewandelt; die letztere in *B'* ist aber gleich derjenigen der Kreisbewegung in *B*, d. h. der konstanten der Kreisbewegung überhaupt.

Die potentielle Energie des kreisenden Atoms zunächst in *A*, aber auch in jeder Lage der Kreisbahn, ist also gleich der kinetischen, und die Gesamtenergie gleich der doppelten kinetischen.

Die gesamte zuzuführende Wärme ist also gleich dem Doppelten der allein zur Erzeugung der betreffenden kinetischen Energie, wie bei einem einatomigen Gase, notwendigen Wärme. Ist  $C_r$  die spezifische Wärme des festen Körpers bei konstantem Volumen und  $A$  sein Atomgewicht, so wird die Atomwärme mithin nahezu gleich 6:

$$A \cdot C_r = 6.$$

Experimentell wird nicht  $C_r$ , sondern  $C_p$ , die spezifische Wärme bei konstantem Drucke, bestimmt.<sup>1)</sup> Es ist aber stets  $C_p > C_r$ . Das Verhältnis der beiden lässt sich nach Clausius berechnen, wenn man die kubische Kompressibilität und den thermischen Ausdehnungskoeffizienten der betreffenden Substanz kennt, auch nach Edlund aus der adiabatischen Temperaturveränderung bei plötzlicher elastischer Dehnung. Es wird dann:

$$A \cdot C_p = 6,1 \text{ bis } 6,3.$$

Hierdurch erklären sich die kleinen Abweichungen vom theoretisch für  $C_r$  gefundenen Wert der Atomwärme, die also nicht als Ausnahmen anzusehen sind.

Einige Substanzen zeigen jedoch grosse Abweichungen vom theoretischen Wert, die sich durch den Unterschied von  $C_p$  und  $C_r$  allein nicht erklären lassen. Der Grund ist vielmehr darin zu suchen, dass die vereinfachenden Annahmen hier nicht mehr zutreffen. Damit die Bahn eines Atoms eine kreisförmige sein kann, muss angenommen werden, dass die Verückung des Atoms aus seiner Gleichgewichtslage klein ist gegenüber seinem Abstand von den Nachbaratomen. Ist das nicht der Fall, so macht sich deren Einfluss auf die Gestalt der Bahn störend bemerkbar. Die Bahn ist dann nicht mehr kreisförmig, sondern hat etwa Ausbuchtungen in der Nähe eines jeden Nachbaratoms:

---

1) F. Richarz, Wied. Ann. 48, p. 712. 1893; Limpricht-Festschrift p. 9. Greifswald 1900.

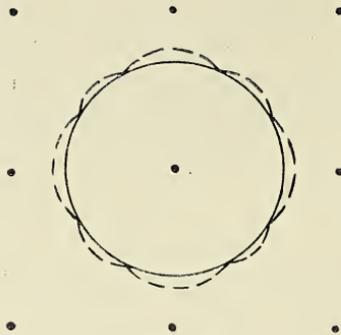


Fig. 2.

Jedoch ist es nicht nötig, über die Gestalt der Bahn des Atoms in solchen Fällen etwas Näheres auszusagen. Hier gilt also die ganze Theorie nicht mehr, die zur Zahl 6 für die Atomwärme geführt hat. Jene Annahme ist möglicherweise dann nicht erfüllt, wenn der mittlere Abstand der Atome von einander klein ist. Ein Maass für diesen Atomabstand bildet die Grösse „Atomvolumen,“ das ist der einem Atom innerhalb des Körpers zukommende Raum. Ist  $s$  das spezifische Gewicht,  $A$  das Atomgewicht, dann hat

$$1 \text{ gr das Volumen } \frac{1}{s},$$

$$A \text{ „ „ „ } \frac{A}{s}.$$

Die Grösse  $\frac{A}{s}$  ist dem Atomvolumen proportional und heisst „relatives Atomvolumen.“ Je kleiner sie ist, desto kleiner ist der Atomabstand. Bewirkt nun kleines Atomvolumen eine Abweichung vom Gesetze von Dulong und Petit, so wird offenbar diese Abweichung um so grösser sein, je kleiner das Atomvolumen ist.

Die gemachte Annahme ist möglicherweise auch nicht erfüllt, wenn die Atome grosse Bahnen beschreiben. Da nun alle Atome bei derselben Temperatur dieselbe lebendige Kraft  $\frac{1}{2}mv^2$  haben, wird die Geschwindigkeit  $v$  und damit zugleich die

Bahn um so grösser sein, je kleiner die Masse  $m$  ist, je kleiner also das Atomgewicht ist.

Treffen kleines Atomvolumen und kleines Atomgewicht zusammen, so werden die grössten Abweichungen zu erwarten sein, wie das auch für die Elemente Beryllium, Bor und Kohlenstoff, die die kleinsten Atomvolumina und kleines Atomgewicht haben, zutrifft. Die Tatsache, dass gerade diese Elemente die grössten Abweichungen vom Gesetze von Dulong und Petit zeigen, bemerkte man schon früher<sup>1)</sup> ohne allerdings eine Erklärung dafür geben zu können. Oberhalb des Atomgewichtes 39 (Kalium) kommen bei gewöhnlicher Temperatur keine bedeutenden Abweichungen vor. Unterhalb 39 befolgen nur diejenigen Elemente das Gesetz von Dulong und Petit, die grosses Atomvolumen haben (vergl. die Maxima und Minima der Kurve des periodischen Systems der Elemente, die man erhält, wenn man die Atomvolumina als Funktionen der Atomgewichte graphisch darstellt). Die Elemente *Be*, *B*, *C* zeigen die grössten, *Mg*, *Al*, *Si*, *P*, *S* kleinere aber doch noch bedeutende Abweichungen.

Bisher war stillschweigend angenommen worden, dass die Kleinheit des Atomvolumens durch gleichmässige Annäherung aller Atome bedingt sei<sup>2)</sup> (s. die Figur auf S. 104). Es ist aber auch möglich, dass die Annäherung einzelner Atome an einander, dass Komplexbildung der Grund für kleines Atomvolumen ist. Dass solche Komplexbildung durch einen an und für sich schon vorhandenen kleinen Abstand aller Atome begünstigt wird, ist leicht einzusehn: Die allgemeine Annäherung der Atome kann durch Vermehrung der Kohäsionskräfte dazu führen, dass einzelne sich zusammenballen. Dafür zeugt auch die Tatsache, dass diejenigen festen Elemente, die besonders charakteristische

1) Lothar Meyer, moderne Theor. der Chemie, 1884, p. 87.

2) Die folgende Konsequenz wurde von mir schon vor mehreren Jahren im Marburg-Giessener Colloquium und dann in der ordentlichen Sitzung der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg am 13. Juli 1904 entwickelt (vergl. die Sitzungsberichte Nr. 6, p. 61. 1904).

allotrope Modifikationen aufweisen, auch kleines Atomvolumen haben. Man denkt sich ja, dass das Zustandekommen allotroper Modifikationen desselben Elements auf der Bildung von Atomkomplexen beruht. Wegen der dadurch bedingten grösseren Unfreiheit der Bewegung zählen nicht mehr alle Atome als frei beweglich in der kinetischen Theorie mit; die Wärmekapazität ist infolgedessen kleiner. Es ergibt sich also daraus die Folgerung, dass gerade bei den Elementen, die kleines Atomvolumen haben und in verschiedenen Modifikationen vorkommen, bedeutendere Abweichungen vom Gesetze von Dulong und Petit zu erwarten sind. Das trifft im grossen und ganzen zu, und es sind gerade die Elemente stark metalloiden Charakters, die zugleich polymorph sind und die kleinsten Atomwärmen haben (*B, C*). Nimmt man doch auch sonst an, dass die Molekeln der Metalloide im Allgemeinen nicht einatomig sind wie die der Metalle.<sup>1)</sup>

Betrachten wir nun die allotropen Modifikationen eines und desselben Elementes, das im Allgemeinen eine Abweichung vom D.-P.-schen Gesetze nach unten zeigt, so werden wir auch schon ohne die Annahme der Complexbildung zur Folgerung kommen, dass die Abweichungen um so stärker sind, je kleiner das Atomvolumen ist. Die Annahme der Zusammenballung würde auch noch durch die verminderte Bewegungsfreiheit direkt erklären, weshalb die abnormen Werte der Atomwärmen zu klein sind. Bei den verschiedenen Modifikationen desselben Elementes wird die Atomwärme vermutlich um so kleiner sein, je kleiner die Atomvolumina sind. Da nun das Atomgewicht *A* für alle Modifikationen eines Elementes dasselbe ist und die Atomwärme durch  $A \cdot C$  und das Atomvolumen durch  $\frac{A}{s}$  dargestellt wird, so kann man diese Konsequenz aus der Theorie auch so aussprechen: Für allotrope Modifikationen desselben Elements sind die spezifischen Wärmen um

1) van't Hoff, Vorles. über theor. u. phys. Chemie, 1903, 3. Heft. p. 66 u. 67.

so kleiner, je grösser die spezifischen Gewichte sind. Bei Durchsicht der Litteratur nach den zur Kontrolle dieser Konsequenz erforderlichen Daten fand Herr A. Wigand eine Anzahl von Bestätigungen, die zusammen mit den Ergebnissen des experimentellen Teils seiner eigenen Arbeit in folgender Tabelle zusammengestellt sind. Wenn in ganz wenigen Fällen, wie es sich von Elementen nur beim Zinn herausstellte,<sup>1)</sup> die Regel nicht zutrifft, so ist das nicht als prinzipieller Widerspruch gegen die aus der kinetischen Theorie gezogenen Konsequenz anzusehen. Denn diese gilt streng nur, wie schon erwähnt, für  $C_r$ , während experimentell nur  $C_p$  (bei freier Ausdehnung und konstantem Atmosphärendruck) bestimmt wird. Bei festen Körpern ist, gerade wie bei Gasen,  $C_p > C_r$ . Während jedoch bei den Gasen die Ausdehnungsarbeit gegen den Atmosphärendruck dieser Differenz der spezifischen Wärmen entspricht, kommt diese Arbeit bei der geringen Ausdehnung fester Körper weniger in betracht. Hier ist vielmehr die Arbeit, die bei der thermischen Ausdehnung gegen Kohäsionskräfte der Atome untereinander zu leisten ist, der Grund für die Differenz der beiden spezifischen Wärmen; denn durch die thermische Ausdehnung erhalten die mittleren Lagen der Atome einen grösseren Abstand von einander. In diesem Sinne ist auch die aus dem zweiten Hauptsatze der mechanischen Wärmetheorie abgeleitete Beziehung zwischen  $(C_p - C_r)$ , der thermischen Ausdehnung und der kubischen Kompressibilität zu verstehen.<sup>2)</sup> Da nun diese Kohäsionsarbeit von  $C_p$  abgezogen werden muss, wenn man  $C_r$  erhalten will, kann es sehr wohl sein, dass bei zwei allotropen Formen  $a$  und  $b$  zwar  $C_p$  für  $a$  grösser als für  $b$ , jedoch  $C_r$  für  $a$

---

1) Die folgenden Erwägungen stellte ich ursprünglich für das Arsen an (Sitzungsber. d. Ges. z. Bef. d. ges. Naturw. zu Marburg Nr. 6, p. 66. 1904), das nach den Messungen von Bettendorf und Wüllner (Pogg. Ann. 133, p. 293, 1868) eine Ausnahme von der Regel machte. Nach den Ergebnissen von Hrn. A. Wigand folgt auch Arsen der Regel, Zinn jedoch nicht.

2) Helmholtz, Vorlesungen, Bd. VI. p. 227. 1903.

kleiner als für  $b$  wird. Für  $C_v$  würde dann die Konsequenz aus der Theorie stimmen. Für Zinn, bei dem  $C_p \text{ weiss} > C_p \text{ grau}$ , ist das um so eher möglich, als die relative Differenz der beiden  $C_p$  für die beiden Modifikationen so gering ist wie bei keinem anderen Element.<sup>1)</sup> Und augenfällig ist gerade für weisses Zinn die Cohäsion grösser als für graues.

Die Temperaturen, für welche die spezifischen Wärmen bestimmt wurden, sind mit angegeben, da gerade für die in betracht kommenden Elemente die Abhängigkeit der spezifischen Wärme von der Temperatur gross ist. Zur genauen Vergleichung der Modifikationen eines Elements müsste man die spezifischen Wärmen eigentlich auf die gleichen Temperaturen berechnen. Abgesehen davon, dass dies nur in wenigen Fällen möglich ist, sind die Verschiedenheiten der Temperaturen auch so regellos verteilt, dass sie keinen systematischen Einfluss auf die Werte der spezifischen Wärmen äussern können. (Tabelle S. 109).

Die den Beobachtern beigefügten Zahlen beziehen sich auf „Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie.“ Die übrigen Arbeiten finden sich:

Bettendorf u. Wüllner, Pogg. Ann. 133. p. 293. 1868.

Bunsen, Pogg. Ann. 141. p. 1. 1870.

Chr. Fabre, C. R. 105. p. 1249. 1887.

H. Kopp, Lieb. Ann. Suppl. III. p. 1. 289. 1864/65.

Mixter u. Dana, Lieb. Ann. 169. p. 388. 1873.

Moissan u. Gautier, Ch. C. 1896. I. p. 1049.

Regnault (1), Pogg. Ann. 89. p. 495. 1853.

Regnault (2), Pogg. Ann. p. 62. p. 50. 1844.

Stockmeier, Ch. C. 1894. II. p. 409.

Vigouroux, Ch. C. 1895. I. p. 419. 628; II. p. 12.

H. F. Weber, Pogg. Ann. 154. p. 367. 553. 1875.

Die Citate sind zum Teil den physikalisch-chemischen Tabellen von Landolt und Börnstein. 3. Aufl. 1905, zum Teil auch dem Handbuch der anorganischen Chemie von O. Dammer. 1894—1903, entnommen.

1) Die Untersuchung der Zinn-Modifikationen soll noch fortgesetzt werden, da der Wert der Resultate durch die Überschreitung des Umwandlungspunktes für das graue Zinn gefährdet ist.

Sub- stanz	Modifikation	Spez. Gewicht	Spez. Wärme	Temp. (spez. W.)	Beobachter	
					spez. Gew.	spez. Wärme
<i>C</i>	Diamant	3,518	0,1128	10,7	Baumhauer 1877	H. F. Weber
	Graphit	2,25	0,1604	10,8	Rammelsberg 1873	H. F. Weber
	amorph (Gaskohle)	1,885	0,2040	24—68	Mène 1867	Bettendorf u. Wüllner
<i>B</i>	krystall.	2,535	0,2518	0—100	Hampe 1876	Mixer und Dana
	amorph	2,45	0,3066	0—100	Dammer IV p. 655	Moissan u. Gautier
<i>Si</i>	krystall.	2,49	0,165	21	Wöhler 1856	Kopp
	amorph	2,35	0,214	21	Vigouroux	Kopp
<i>P</i>	rot	2,16	0,1698	15—98	Hittorf 1863	Regnault (1)
	gelb	1,828	0,202	13—36	Damien 1861	Kopp
<i>S</i>	rhombisch	2,07	0,163	17—45	Deville 1848	Kopp
	monoklin	1,96	0,1844	15—97	Deville 1848	Regnault (2)
	amorph, unlösl.	1,89	0,1902	0—53	Wigand	Wigand
	amorph, lösl.	1,86	0,2483	0—50	Wigand	Wigand
<i>As</i>	grau	5,87	0,0825	0—100	Wigand	Wigand
	schwarz	4,78	0,0861	0—100	Wigand	Wigand
<i>Se</i>	krystall.	4,8	0,0840	22—62	Rammelsberg 1874	Bettendorf u. Wüllner
	amorph	4,3	0,1125	21—57	Rammelsberg 1874	Bettendorf u. Wüllner
<i>Te</i>	krystall.	6,4	0,0483	15—100	Rammelsberg 1875	Fabre
	amorph	5,9	0,0525	15—100	Rammelsberg 1875	Fabre
<i>Sn</i>	weiss	7,14	0,0559	0—100	Stockmeier	Bunsen
	grau	5,85	0,0545	0—100	Stockmeier	Bunsen
	grau	5,85	0,0528	0—40	Stockmeier	Wigand

Das Resultat der Nachforschungen in der Litteratur und von Herrn Wigands eigenen Untersuchungen ist also, dass sich die Regel für allotrope Modifikationen bei allen festen Elementen mit Ausnahme des Zinns bestätigt. Da Kohlenstoff doppelt und Schwefel dreifach zählt, haben wir 11 Bestätigungen gegenüber einer Nichtbestätigung, die noch dazu wegen der geringen relativen Differenz der spezifischen Wärmen der beiden Modifikationen weniger ins Gewicht fällt. Würden wir anstatt des  $C_p$  das  $C_r$  betrachten, so würde sich wahrscheinlich (s. S. 107—108) auch das Zinn der Regel fügen (s. die Anm. auf S. 108).

Durch die thermische Ausdehnung der Körper wird der mittlere Atomabstand verändert. Ist nun für ein Element bereits bei gewöhnlicher Temperatur der Atomabstand so gross, dass ihm gegenüber die Schwingungen des Atoms um seine Gleichgewichtslage nicht in betracht kommen, so wird die Atomwärme des betreffenden Elements und damit seine spezifische Wärme keine wesentliche Abhängigkeit von der Temperatur aufweisen. Je kleiner aber der Atomabstand ist, um so mehr wird sich die Abhängigkeit der spezifischen Wärme von der Temperatur bemerkbar machen, und zwar, wenn die Abweichungen vom normalen Werte nach unten hin geschehen, in der Weise, dass im allgemeinen bei höherer Temperatur infolge des vergrösserten Atomabstands die Atomwärme normaler, die spezifische Wärme grösser wird, bei tiefen Temperaturen dagegen abnimmt. Je höher also die Temperatur, desto umfassender ist die Gültigkeit des Dulong und Petit'schen Gesetzes. Auf die Tatsache der Abhängigkeit der spezifischen Wärme von der Temperatur machten schon Dulong und Petit<sup>1)</sup> aufmerksam. Die grundlegenden experimentellen Arbeiten auf diesem Gebiete wurden von Regnault,<sup>2)</sup> H. F. Weber<sup>3)</sup> und U. Behn<sup>4)</sup> geliefert;

1) Dulong u. Petit, Ann. chim. phys. [2.] 7. p. 142. 1817.

2) Regnault, Pogg. Ann. 78 p. 118. 1849 u. a. a. O. [Pb, P u. a.].

3) H. F. Weber, Pogg. Ann. 154. p. 367. 1875. [C, B, Si].

4) U. Behn, Wied. Ann. 66. p. 237. 1898. [Al, Fe, Ni, Cu, Pb, Pd Jr, Pt]; Ann. d. Phys. IV. Folge, 1. p. 257. 1900. [C, Sb, Sn, Cd, Ag, Zn, Mg].

die exakte theoretische Erklärung siehe in meiner Arbeit Wied. Ann. 48. p. 713. III, 1893.

Aus den zahlreichen Untersuchungen über die spezifische Wärme bei tiefen Temperaturen<sup>1)</sup> ergibt sich nun folgendes, was mit diesen Anschauungen über die Ursachen der Abweichungen vom Gesetze von Dulong und Petit übereinstimmt: U. Behn hat zuerst darauf aufmerksam gemacht. Stellt man die untersuchten Elemente nach ihren Atomgewichten zusammen, so zeigt es sich, dass die Abnahme der spezifischen Wärme bei Temperaturerniedrigung um so grösser wird, je kleiner das Atomgewicht ist. Bringt man nach Behn die spezifische Wärme als Funktion der Temperatur in üblicher Weise graphisch zur Darstellung, so ordnen sich bei höheren Temperaturen die Elemente mit fallendem Atomgewicht von links nach rechts, da ja zufolge des Gesetzes von Dulong und Petit mit der grösseren spezifischen Wärme das kleinere Atomgewicht verbunden ist.<sup>2)</sup> Je weiter ferner im allgemeinen nach rechts in der graphischen Darstellung die Kurven der einzelnen Elemente liegen, desto mehr sind sie gegen die Temperaturaxe geneigt. Bei tiefen Temperaturen ist der Einfluss des Atomgewichts auf die Änderung der spezifischen Wärme viel grösser als bei gewöhnlicher Temperatur. In derselben Weise zeigt sich der Einfluss des Atomvolumens. Die Elemente die in der graphischen Darstellung des periodischen Systems der Elemente den Minimis der Kurve für die Atomvolumina entsprechen, haben grössere Änderung der spezifischen Wärme mit der Temperatur als die Elemente, die ihnen in bezug auf das Atomgewicht benachbart sind, aber grösseres Atomvolumen haben. Auch für diese Elemente mit den minimalen Atomvolumina zeigt die Neigung der Behn'schen Kurven, dass die Abhängigkeit der spezifischen Wärme von der Temperatur grösser ist als für die benachbarten: *Fe* (Atom-

1) S. auch die Citate auf Seite 112.

2) In der beigelegten Kurventafel sind die Resultate Behns mit denen anderer Beobachter zusammengestellt. Eine ausführlichere Behandlung der hier hervortretenden Beziehungen wird noch in Aussicht genommen.

Volumen 7,11), *Ni* (A.-V. 6,60), *Co* (A.-V. 6,86) verglichen mit *Zn* (A.-V. 9,21); *Pd* (A.-V. 9,35) verglichen mit *Cd* (A.-V. 13,01), *Ag* (A.-V. 12,76), *Sn* (A.-V. 16,30); *Jr* (A.-V. 8,61), *Pt* (A.-V. 9,06) verglichen mit *Pb* (A.-V. 18,11) u. s. w. Während sich bei gewöhnlicher Temperatur der Einfluss des Atomvolumens nur bis zum Atomgewicht 39 für Kalium aufwärts verfolgen lässt, ist es bei tiefen Temperaturen möglich, fast die ganze Reihe der Elemente bis zum *Bi* aufwärts zu übersehen und im erwähnten Sinne zu betrachten. Die Arbeiten von H. F. Weber und U. Behn enthalten die kalorimetrischen Bestimmungen und die graphische Darstellung für eine grosse Anzahl von Elementen. Weitere Bestimmungen der spezifischen Wärme von Elementen für tiefe und auch hohe Temperaturen wurden ausgeführt von H. E. Schmitz,<sup>1)</sup> W. A. Tilden,<sup>2)</sup> W. Bontschew,<sup>3)</sup> F. W. Adler,<sup>4)</sup> E. Giebe,<sup>5)</sup> W. Gaede,<sup>6)</sup> N. Stücker,<sup>7)</sup> C. C. Trowbridge,<sup>8)</sup> J. Dewar,<sup>9)</sup> Bède,<sup>10)</sup> Pebal u. Jahn,<sup>11)</sup> Schüz,<sup>12)</sup> Lindner,<sup>13)</sup> Byström,<sup>14)</sup> Le Verrier<sup>15)</sup> und anderen mehr. Trägt man die

1) H. E. Schmitz, Proc. of the Roy. Soc. 73, p. 177, 1903. [Al, Fe, Ni, Co, Cu, Zn, Ag, Sn, Tl, Pb].

2) W. A. Tilden, Proc. of the Roy. Soc. 71, p. 220, 1903. [Al, Ni, Co, Ag, Pt].

3) W. Bontschew, Inaug.-Diss., Zürich 1900. Beibl. 25, p. 178. 1901. [Al].

4) F. W. Adler, Inaug.-Diss., Zürich 1902. Beibl. 27, p. 330. 1903. [Cr].

5) E. Giebe, Verh. d. deutsch. phys. Ges. 5, p. 60, 1903. [Bi].

6) W. Gaede, Preisschr. und Inaug.-Diss., Freiburg 1902. Phys. ZS. 4. p. 105, 1902. [Sb, Pb, Cd, Cu, Pt, Fe, Zn, Sn].

7) N. Stücker, Sitzungsber. d. Wien. Ak. 114, Abt. II a, 1905. [Fe, Mo, Mn, Mg, Bi, Pb].

8) C. C. Trowbridge, Science. N. S. 8 p. 6, 1898. [Cu, Fe, Al].

9) J. Dewar, Proc. of the Roy. Soc. 76, p. 328, 1905. [C, Pb, S].

10) Bède, Fortschr. der Phys. 11, p. 379, 1855. [Fe, Cu, Zn, Pb, Sn, Sb, Bi].

11) Pebal u. Jahn, Wied. Ann. 27, p. 584, 1886. [Sb].

12) L. Schüz, Wied. Ann. 46, p. 177, 1892. [Na, K, Cu, Zn, Sn, Sb, Pt, Bi, Pb, Cd].

13) G. Lindner, Inaug.-Diss., Erlangen 1903. [Cu].

14) Byström, Fortschr. d. Phys. 16. p. 369. 1860. [Fe, Ag, Pt].

15) LeVerrier, Fortschr. d. Phys. 48. II. p. 347. 1892. [Pb, Zn, Al, Ag, Cu].

Daten dieser Beobachter in das Behn'sche Kurvensystem ein, wie das in der beigegebenen Tafel geschehen ist, so bestätigt sich durchweg, dass kleineres Atomvolumen und Atomgewicht stärkere Abnahme der spezifischen Wärme mit sinkender Temperatur bedingt.

Schliesslich ergibt sich für allotrope Modifikationen eines Elements noch die Konsequenz, dass diejenige Form, die das kleinere Atomvolumen, also das grössere spezifische Gewicht hat, auch die grössere Abhängigkeit der spezifischen Wärme von der Temperatur aufweisen wird, was sich offenbar wieder bei tiefen Temperaturen besser zeigt als bei höheren. Für Kohlenstoff allein liegen die erforderlichen Daten in der Arbeit von H. F. Weber vor. In seiner graphischen Darstellung ist in der Tat die Kurve für Diamant, besonders bei tiefen Temperaturen, mehr gegen die Temperaturaxe geneigt als die Kurve für Graphit.<sup>1)</sup>

Es erscheint mir übrigens sehr erwägenswert, ob nicht die Abnahme der spezifischen Wärme (und auch diejenige des Volumens) mit sinkender Temperatur ebenfalls auf der Zusammenballung von Atomen zu Complexen mit beschränkter Bewegungsfreiheit beruhen könnte.

---

Sodann sprach Herr F. A. Schulze über:

**Zur Veranschaulichung von partikulären Integralen  
der Gleichung  $\Delta_{x,y} q = 0$ .**

Die partielle Differentialgleichung 1)  $\frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} = 0$  tritt in der mathematischen Physik so häufig auf (stationäre Strömung von Wärme, Elektrizität, inkompressibler Flüssigkeit, etc.), dass es wünschenswert ist, Methoden zur Veranschaulichung von partikulären Integralen dieser Gleichung zu besitzen. Eine solche ist kürzlich von Herrn F. Richarz<sup>2)</sup> für stationäre Wärmeströmung:

1) Siehe auch die Curventafel.

2) F. Richarz, Marb. Sitz. Ber. v. Dezember 1903, pag. 96; Marb. Sitz. Ber. v. Juli 1905, pag. 93.

angegeben und ihre experimentelle Ausarbeitung auf seine Anregung von Herrn C. Seargent begonnen und von Herrn O. Hess <sup>1)</sup> durchgeführt.

Eine weitere Möglichkeit zur Veranschaulichung von Lösungen der Gleichung 1) bietet sich, wie ich, durch die eben erwähnte Versuche veranlasst, bemerkte, durch die Tatsache, dass bei einer ursprünglich ebenen gleichmässig gespannten Membran bei einer Deformation im Gleichgewichtszustand die Verrückungen  $w$  senkrecht zur ursprünglichen  $xy$ -Ebene der Differentialgleichung  $\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0$  genügen, falls diese Verrückungen  $w$  klein sind.<sup>2)</sup>

Es ist einfach, dies zur Darstellung von Lösungen der Gleichung 1) unter verschiedenen Grenzbedingungen zu benutzen.

Soll z. B. der Temperaturverlauf im stationären Zustand bei einer ebenen Platte gezeigt werden, in die an zwei Stellen Wärmeeinströmung stattfindet, während der Rand der Platte auf konstanter Temperatur erhalten wird, so wird die elastische Membran am Rand in einem Rahmen befestigt und nun an zwei Stellen durch etwas abgerundete Stäbe eingedrückt und in diesem deformirten Zustand festgehalten.

Die vertikalen Abstände eines Punktes der Membran von der ursprünglichen Horizontalebene stellen dann die Temperatur an der betreffenden Stelle vor. Sind beide Stäbe gleich tief in die Membran eingesenkt, so haben wir den Fall gleich starker Wärmeeinströmung. Man sieht leicht, wie die Grenzbedingungen aufs mannigfaltigste variiert werden können (mehrere Ein- bzw. Ausströmungspunkte verschiedener Intensität, Einströmung in Linien etc.).

Von besonderer Bedeutung sind diejenigen Linien, an denen  $q$  einen konstanten Wert hat, die Linien  $q = \text{const.}$  Man erhält diese an der deformirten Membran offenbar als Schnittlinien

1) O. Hess, Inaug.-Diss., Marburg, demnächst erscheinend.

2) Siehe z. B. Riemann-Weber, die part. Diffgl. d. math. Physik II, p. 248 u. 270. Braunschweig 1901.

von horizontalen Ebenen mit der Membran (falls diese ursprünglich horizontal war). Sie können leicht demonstriert werden durch Aufgiessen von Wasser auf die Membran im deformirten Zustand. Da die Oberfläche des Wassers horizontal ist, so stellen die Begrenzungslinien der Wasseroberfläche diejenigen Punkte der Membran vor, die eine gleichgrosse Verschiebung  $w$  nach unten erfahren haben.

An Einzelheiten sei folgendes bemerkt:

Es wurde eine Kautschukplatte von ca. 0,5 mm Dicke benutzt, die auf einem mit einer Nut versehenen Holzring von 45 cm Durchmesser aufgespannt wurde. Um sicher zu sein, dass die Platte nach allen Richtungen gleichmässig gespannt war, wurde vor dem Aufspannen ein System von rechtwinklig sich kreuzenden Geraden im Abstände von ca. 1 cm aufgezeichnet und darauf geachtet, dass beim Aufspannen die Linien gleichen Abstand von einander behielten. Zum Deformiren wurden Holzstöcke von ca. 1 cm Durchmesser mit halbkugelförmigen Enden benutzt. Die Linien  $w = \text{const}$ , die Randlinien der Wasseroberflächen sind am besten sichtbar zu machen, wenn sie im reflektirten Licht betrachtet werden, das durch eine matte Glas-scheibe diffus gemacht ist. Übrigens bleiben diese Linien  $w = \text{const}$  auch nach Weggiessen des Wassers und Entspannen der Membran noch tagelang überraschend deutlich sichtbar, indem der Teil der Membran, der mit dem Wasser in Berührung war, infolge Imbibition sich deutlich von dem andern Teil der Membran in der Färbung unterscheidet.

Wenn auch die Gleichung 1)  $\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0$  für die transversalen Verrückungen  $w$  der Membran streng nur für kleine Verrückungen gilt, so kann man doch tatsächlich die Verrückungen bei dieser Demonstration sehr gross nehmen, ohne dass die experimentell gefundenen Linien  $w = \text{const}$  sich merklich von den theoretisch berechneten unterscheiden.

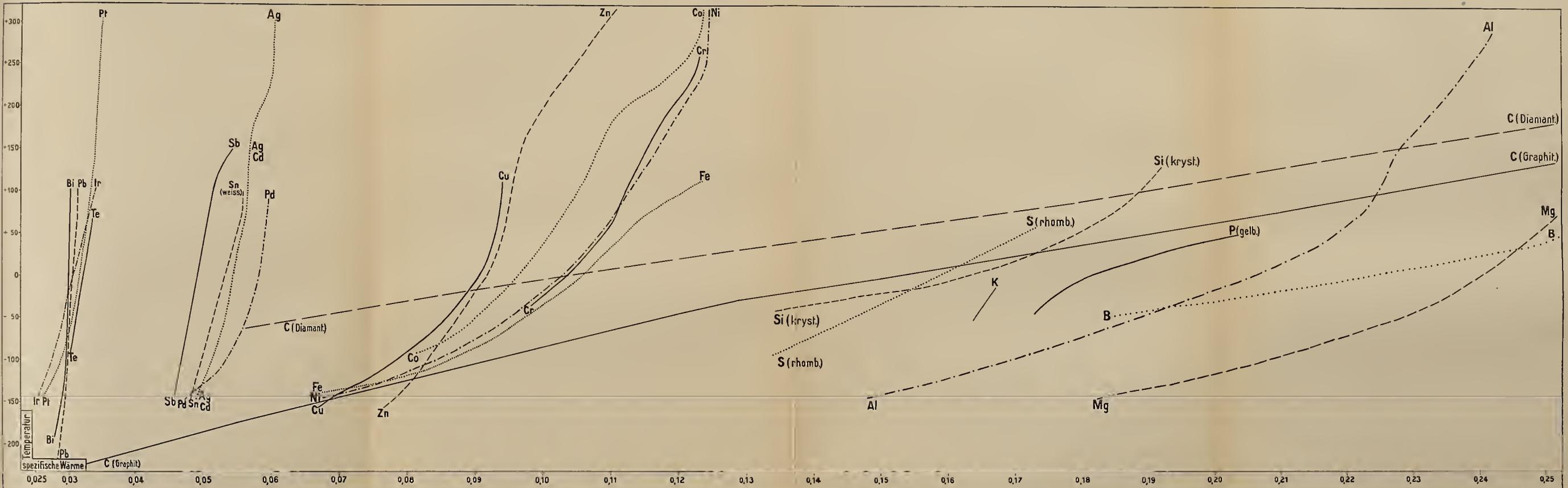
---

Aufgelegte Schriften:

- The American Naturalist. Vol. 39. No. 461, 462.  
Boston. May, June 1905.
- Bulletin of the New York Public Library. Vol. IX. No. 5. 6.  
New York 1905.
- Smithsonian Miscellaneous Collections. Vol. II. Part 3.
- Cold Spring Harbor Monographs publ. by the Brooklyn Inst. of  
Arts a. Sciences. III. Brooklin 1905.
- University of California Publications, Botany. Vol. 2. No. 2.  
Berkeley 1904.
- Bulletin of the Lloyd Library. Cincinnati. Bull. No. 7, 1903,  
Reprod. Series No. 4, Bull. No. 8, 1905 Mycological Ser. No. 3.
- Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia.  
Vol. LVI. Part 3 1904. Philadelphia 1905.
- Proceedings of the Americ. Academy of Arts and Sciences.  
Vol. XL. No. 15—22. Boston 1905.
- Parergones del Instituto Geologico de Mexico. Tome I. No. 8.  
Mexico 1905.
- Boletin del Cuerpo de Ingenieros de Minas del Peru. No. 20—23.  
Lima 1905.
- Boletin de la Sociedad Geographica de Lima. Tomo XV.  
Lima 1904. Trimestre 2.
- Department of the Interior Ethnological Survey Publications.  
Vol. II. Part. I. Manila 1904.
- Manchester. Liter- & philos. society. Memoirs & proceed-  
ings. 4 gr. Bd. III. Th.
- Manila. Ethnological Survey publications. 1, Bd.
- Missouri botanical garden 16. report 1905. geb.
- München. Aerztl. Verein. Sitzungsberichte XIV. 1904.
- New-York. Public library. Bulletin. IX. Bd. 7. 10.
- Paris. Ch. Janet Observations sur les Guêpes. 1903.
- Perugia. Annali della facolta di medicina. III. Ser. 1902.  
Vol. II. fasc. 2—4. III. Ser. 1903. Vol. III. fasc. 2.
- PhiladeIphia. a) Academy of natur. sciences. Pro-  
ceedings. 57. Bd. I. (Jan./März 1905).
- b) American philos. society. Proceedings 179/180.
- Roma. Academia dei lirici. Atti a) 5. Ser. 14. Bd. 12. Lfg.  
I. Sem. 1905.
- b) Desgl. II. Semester. No. 1—7-
- c) Desgl. Rendiccatto acti. III. Bd.
- Stettin Gesellsch. f. Völker- u. Erdkunde. Bericht über 1903/4.
- Stuttgart a) Verein f. vaterl. Naturkunde in Württemberg.  
Jahreshefte. 21. Jahrg. und Beilage.
- b) Zeitschrift f. Naturwiss. 77. Bd. Heft 3/5.









# Sitzungsberichte

## der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

**M a r b u r g.**

---

---

**Nr. 8**

**Dezember**

**1905**

---

---

In der ordentlichen Sitzung vom 13. Dezember 1905 gab  
Herr L. Aschoff

**Bericht über Untersuchungen des Herrn Dr. Hallenberger,  
betreffend die Sklerose der Arteria radialis.**

In der Lehre von dem Zustandekommen der Arterienverhärtung, der sogenannten Arteriosklerose, spielt in der neuesten Zeit, wie auf so vielen anderen Gebieten der Medizin, das funktionelle Moment eine grosse Rolle. Zwar haben Kliniker und vereinzelte pathologische Anatomen die funktionelle Schädigung der Gefässwand als Ursache der Arteriosklerose schon vor Jahrzehnten mit allem Nachdruck betont, aber es ist das Verdienst von Jores, unter Anwendung der modernen Untersuchungstechnik die Frage von Neuem aufgerollt und für die Entscheidung, ob entzündliche Einwirkung oder funktionelle Überanstrengung das Wesentliche seien, wichtiges Beweismaterial herbeigeschafft zu haben. In dem Referat, welches Marchand und Romberg auf dem Kongress für innere Medizin 1904 in Leipzig erstatteten, traten beide Redner mit aller Entschiedenheit für die funktionelle Genese der Arteriosklerose ein. Welche Form der funktionellen Überanstrengung, erhöhter Druck in dem Gefässrohr oder jähher Wechsel in Spannung und Füllung, in den einzelnen Fällen in

Betracht kommt, ist eine bisher unbeantwortete Frage. Im Allgemeinen wird dem erhöhten Druck die Hauptschuld zugeschoben. In Folge des stärkeren Zuges und Druckes in Längs- und Quer-richtung kommt es zur Verdickung des elastischen Rohres (Intima), welches von dem muskulösen Schlauche (Muscularis) umschlossen ist. Diese Verdickung besteht in einer Vermehrung der elastischen Fasern der Intima. Diese degeneriren schliesslich unter dem Einfluss des anhaltenden erhöhten Druckes und zwar durch fettigen Zerfall und nun schliesst sich eine kompensatorische Bindegewebswucherung an. So entstehen denn jene bald mehr diffusen bald mehr knotenförmigen Verdickungen an der Aorta und anderen Gefässen, in deren Tiefe gelbliche Fettmassen durchschimmern.

Schon seit längerer Zeit hatte ich mich mehr gelegentlich mit dem Studium der arteriosklerotischen Prozesse befasst, als durch die erschöpfenden Untersuchungen von Jores diese eigenen Forschungen unterbrochen und nur nach bestimmten Richtungen weiter fortgesetzt wurden.

Die bis dahin von mir und später von meinen Schülern Torhorst und Voigts erhaltenen Befunde bestätigen durchaus die Ergebnisse der Jores'schen Arbeit. Jedoch glaube ich meine von Anfang an gehegte Überzeugung, dass bei der sogenannten fettigen Degeneration der elastischen Fasern mehr eine Veränderung der Kittsubstanz als der elastischen Fasern vorliegt, durch die Arbeit von Torhorst genügend gestützt zu haben, während Jores in einer gleichzeitig erschienenen Arbeit die fettige Metamorphose in die elastischen Fasern selbst verlegt. Durch Voigts habe ich sodann auf die meiner Meinung nach wichtige Differenz zwischen elastischen Lamellen, d. h. homogenen nur hier und da gefensterten Häuten, und elastischen Streifen oder elastischen Netzen, welche aus einem fein- oder grobmaschigem Gewebe elastischer Fäserchen, bestehen hinweisen lassen. Bei den bisherigen Beschreibungen der sklerotischen Verdickungen waren Lamellen und Streifen nicht genügend getrennt worden.

Da nun auffälliger Weise grade für die Arterie, welche dem Kliniker am leichtesten zugänglich ist und von ihm am häufigsten untersucht wird, nämlich für die *Arteria radialis* eine systematische Untersuchung nicht vorlag, die Verhältnisse aber grade hier relativ einfache sind, beauftragte ich Herrn Hallenberger mit einer solchen. Über die Resultate möchte ich Ihnen an der Hand der aufgestellten Präparate kurz berichten.

Bei dem Neugeborenen, bzw. einjährigem Kinde besteht das elastische Rohr, wie ich es im Gegensatz zum umgebenden Muskelschlauch nennen möchte, aus einer elastischen homogenen gefensterten Lamelle (*Elastica interna*), die sich bei Mallory'scher Färbung rot färbt. Der Innenfläche dieser Lamelle ist ein System äusserst feiner, dicht nebeneinander liegender längsverlaufender blau gefärbter elastischer Fäserchen fest angeschmiegt. Von dem Blut ist das elastische Rohr durch eine aus Endothelzellen gebildete Haut getrennt.

Die ersten Veränderungen, welche schon bald nach der Geburt einsetzen und an der *Radialis* eines zweijährigen Kindes deutlich zu sehen sind, bestehen in der von Jores zuerst genauer beschriebenen Spaltung der *Elastica interna*. Während aber bislang über diesen Vorgang unklare Vorstellungen herrschten, selbst Jores keine übereinstimmende Schilderung dieser Verhältnisse giebt, hat Hallenberger unter besonderer Benutzung der Mallory'schen Färbung klar zeigen können, dass es sich bei diesem Prozess um die Abhebung der innen aufliegenden elastischen Fäserchen, die ich als elastischen Längsstreifen zusammenfassen möchte, von der homogenen elastischen Lamelle handelt. Diese Abhebung geschieht wahrscheinlich durch Einwachsen von Bindegewebszellen zwischen elastischen Streifen und Lamelle. Die Abhebung tritt nicht auf einmal an dem ganzen Umfang der elastischen Lamelle, welche im kontrahirten Zustande eine zierliche Kräuselung zeigt, sondern nur hier und da ein. Im Laufe der ersten beiden Dezennien ist die Abhebung meist vollendet und es beginnt unterdessen die Abhebung eines zweiten Streifens. Nach Abhebung des ersten elastischen Streifens bilden sich nämlich an der

Innenfläche der Lamelle neue Fäserchen und bilden einen neuen elastischen Längsstreifen, der nunmehr gleichfalls zur Abhebung gelangt. Ungefähr am Ende des dritten Jahrzehntes erreicht diese Abhebung ihre grösste Ausdehnung. Nicht selten hat sich hier und da die Abhebung eines dritten Streifens angeschlossen. Zwischen den Streifen liegen ganz schmale Schichten von Bindegewebe mit länglichen Zellen, deren Natur als Muskel- oder Bindegewebszelle vielfach zweifelhaft bleiben muss. Damit hat die physiologische Verdickung, welche zu keinerlei Deformierung der Gefässlichtung führt, ihren Höhepunkt erreicht. Dieser Zustand kann sich unverändert bis in das fünfte Jahrzehnt erhalten, höchstens nimmt die Stärke der einzelnen Streifen noch etwas zu.

Häufig aber beginnt bereits im vierten Jahrzehnt, gelegentlich auch früher eine weitere Umwandlung der Intima, welche darin besteht, dass sowohl zwischen den einzelnen elastischen Streifen als auch nach innen von ihnen eine reichlichere Entwicklung von Bindegewebe statt hat. Dadurch werden die elastischen Streifen förmlich aufgesplittert und die entstehenden bindegewebigen Polster sind dann von zahlreichen feinen elastischen Fasermassen durchsetzt, die z. T. auch neugebildet sind. Diese elastisch - bindegewebigen Wucherungen, welche zunächst nur an ganz kurzen Strecken des Lichtungsrandes sichtbar werden, erlangen mit zunehmendem Alter eine solche Stärke, dass die ganze Intima von kleinen und grossen Polstern besetzt oder diffus verdickt ist. Sobald die Entwicklung des Bindegewebes beginnt, zeigt sich auch an der Gefässlichtung eine charakteristische Veränderung. Statt der runden oder ovalen Begrenzung finden sich schwach angedeutete, bei zunehmender Wucherung stärker hervortretende Knickungen, der beste Beweis, dass die Biegsamkeit des elastischen Gefässrohres gelitten hat. Die Knickung kommt dadurch zu Stande, dass der Muskelschlauch bei eintretender Totenstarre das elastische Rohr zusammenpresst. Überall wo dasselbe verdickt ist, wird die normale Zusammenschiebung nicht genügend zu Stande kommen und der verdickte und verhärtete Teil von dem übrigen sich kräuselnden Abschnitt ab-

geknickt werden. Das sind die charakteristischen Bilder der senilen Sklerose. Das Auffallende ist, dass im Gegensatz zur Aorta und anderen Gefässen bei dieser senilen Sklerose fettige Degenerationen in der verdickten Intima so gut wie ganz fehlen. Es sind daher auch die Anfänge der Sklerose der Art. radialis mit blossem Auge kaum festzustellen und der Kliniker wird viel früher die Verhärtung des Gefässes fühlen, als der pathologische Anatom sie bei der Sektion demonstrieren kann, da die krankhafte oder senile Verdickung der Intima von der physiologischen in den ersten Stadien der Entwicklung makroskopisch nicht zu trennen sein wird. Aber das Mikroskop deckt uns die Unterschiede auf und wir werden auf Grund des von Herrn Hallenberger zusammengetragenen Vergleichsmaterials in allen solchen Fällen, wo vor dem Ende des vierten Jahrzehnts eine stärkere bindegewebige Wucherung zwischen den elastischen Streifen oder an ihrer Innenfläche einsetzt, trotz makroskopisch unveränderten Gefässes eine frühzeitige, gegebenenfalls juvenile Sklerose diagnostizieren können. Solcher Fälle fanden sich unter dem Material des Herrn Hallenberger drei. Sie betrafen ein 12jähr. Mädchen (keine Nephritis, Tod an Verbrennung), einen 25jähr. Bergmann und eine 34jähr. Frau.

Die an der Radialis erhobenen Befunde stimmen im Wesentlichen mit den Befunden an anderen Gefässen überein. Überall finden wir eine sich an den einzelnen Gefässen etwas verschieden gestaltende physiologisch eintretende Verdickung des elastischen Rohres, welche im wesentlichen durch Abhebung elastischer Streifen von der elastischen Lamelle zu Stande kommt. In der Aorta ist diese Abhebung eine sehr reichliche und die äusseren Schichten wandeln sich zur elastisch-muskulösen Schicht um, während die inneren elastischen Streifen (die sog. hyperplastische Schicht von Jores) ungefähr dem Bilde entspricht, wie wir es an der Art. radialis vor uns haben. An allen Gefässen beginnt nach Überschreitung des Höhepunktes des Lebens eine bindegewebige Zersplitterung besonders der inneren Schichten der physiologisch verdickten Intima und eine an feinen elastischen

Fäserchen reiche bindegewebige Wucherung an der Innenfläche, die je nach der Stärke ihrer Entwicklung das Bild der senilen Sklerose mehr oder weniger deutlich hervortreten lässt. Jores hat durchaus Recht, wenn er diese elastisch bindegewebigen Wucherungen innerhalb der elastischen Streifen und an der Innenfläche derselben als charakteristisch für die Sklerose betrachtet. Er glaubt als Ursache derselben eine fettige Degeneration in der physiologisch verdickten Intimaschicht, besonders eine fettige Degeneration der elastischen Streifen ansehen zu müssen. Damit stimmen freilich frühere Untersuchungen von Torhorst wie auch die neuen Untersuchungen von Hallenberger nicht überein, welche die Bindegewebswucherung auch ohne nachweisbare Verfettung oder sonstige Schädigung des elastischen Gewebes auftreten sahen. Suchen wir nur auf Grund der an der Arteria radialis gewonnenen Erfahrungen ein Bild von der Entwicklung der im Laufe des Lebens eintretenden Veränderungen des elastischen Rohres der Gefäße zu geben, so können wir drei Phasen unterscheiden, eine aufsteigende, eine gleichbleibende, eine absteigende. In der aufsteigenden sehen wir eine zunehmende Verdickung des elastischen Rohres durch gleichwertige Materialanbildung sich vollziehen. Sie erreicht ihren Abschluss ungefähr mit dem Abschluss des Längenwachstums des Körpers in der Mitte oder Ende des dritten Jahrzehnts. Für den Kliniker ist das Gefäß in dieser Zeit ein weiches, biegsames Rohr. In der nächsten Periode, die sich über das kräftige Mannesalter von Mitte des dritten bis Ende des vierten Jahrzehnts erstreckt, bleibt das Gefäßrohr ziemlich unverändert. Ganz allmählig aber geschieht schon im vierten Jahrzehnt der Übergang in die dritte Periode, in welcher die Verstärkung der Wand durch bindegewebige Wucherungen erfolgt. Dem Kliniker erscheint jetzt das Gefäß härter, weniger biegsam. Dem Wechsel im histologischen Aufbau und klinischen Verhalten entsprechen wie schon lange bekannt auch Änderungen im physikalischen Verhalten. Das aus der Leiche eines Kindes oder einer jugendlichen Person herausgenommene Gefäß ist leicht

dehnbar und selbst bei grosser Dehnung elastisch vollkommen. Das Gefässrohr einer älteren Person aus der dritten Periode ist schwerer dehnbar und nur innerhalb kurzer Dehnungsstrecken elastisch vollkommen. Der Physiker würde sagen, das Gefässrohr der ersten Periode besitzt einen relativ geringen elastischen Widerstand aber eine breite Vollkommenheitsgrenze<sup>1)</sup> (grosse Elastizitätsbreite), z. B. wie Kautschuk; das Gefässrohr der absteigenden Periode besitzt einen sehr hohen elastischen Widerstand aber eine geringe Vollkommenheitsgrenze, z. B. wie Leinenfasern. Aber noch weitere physikalische Unterschiede bestehen zwischen den Gefässen der aufsteigenden und denen der absteigenden Periode. Trennt man die Aorta eines Kindes in der Leiche von ihrer Umgebung und durchschneidet ihre Seitenäste, so zieht sie sich deutlich zusammen, ein Beweis, dass sie sich in der Leiche, noch mehr aber bei der Blutfüllung im Lebenden im gespannten Zustande befand. Es bestand also eine Längsspannung, auf deren Bedeutung Fuchs unsere Aufmerksamkeit gelenkt hat. Die Längsspannung nimmt nun während des Wachstums des Körpers an allen Arterien erheblich zu und erreicht ihren Höhepunkt mit dem Abschluss desselben. Die Periode wachsender Längsspannung fällt also mit unserer aufsteigenden Periode zusammen. Im Alter nimmt die Längsspannung mehr und mehr ab, um schliesslich für viele Arterien = 0 zu werden. Diese Abnahme fällt in unsere absteigende Periode.

Da nun die aufsteigende Periode durch die Anbildung elastischen Gewebes, die absteigende Periode durch die Anbildung kollagenen Bindegewebes charakterisirt ist, so müssen in den physikalischen Eigenschaften dieser Gewebe die physikalischen Differenzen der Gefässe der ersten und dritten Periode begründet sein.

Nach den Untersuchungen von Triepel besitzt in der That das elastische Gewebe einen sehr geringen elastischen Wider-

---

1) Ich folge hier dem Vorschlag von Triepel „Einführung in die physikalische Anatomie“ p. 18.

stand, aber eine grosse Vollkommenheitsgrenze, das kollagene Bindegewebe einen grossen elastischen Widerstand, aber eine geringe Vollkommenheitsgrenze. Bei beiden Geweben liegt die Vollkommenheitsgrenze dicht unter oder doch nicht weit entfernt von der Festigkeitsgrenze.

Warum verwendet nun die Natur zur Verstärkung der Arterienwand in der aufsteigenden Periode das eine, in der absteigenden das andere Material?

Wie Fuchs nachgewiesen, erhalten alle Arterien mit dem Wachstum des Körpers eine grössere elastische Längsspannung. Welche Ursachen diese grössere elastische Längsspannung im einzelnen Falle bedingen, ob eine Differenz zwischen Längenwachstum des Körpers und der Gefässe oder der in der verstärkten Durchfliessung gegebene Wachstumsreiz, das bleibe dahin gestellt.

Der zunehmende tangential und axial wirkende Zug oder Druck wird die Membrana elastica der Kinder dehnen und in erhöhte Spannung versetzen, so lange die elastische Vollkommenheit gewahrt ist. Die erhöhte Spannung wirkt als formativer Reiz ein und bedingt eine Verdickung des elastischen Rohres durch Anlagerung gleichwertigen elastischen Materials. Dadurch wird unter Erhaltung der elastischen Vollkommenheit der elastische Widerstand erhöht. Diese Erhöhung ist notwendig, damit die wachsende Blutmenge unter erhöhtem Druck in ungefähr gleicher Zeit durch das weitere und längere Gefässrohr hindurchfliessen kann. Die Verdickung des elastischen Rohres ist also ein Anpassungsprozess an die erhöhten Anforderungen, welche an das wachsende Gefäss gestellt werden. Jede dauernde Erhöhung der Spannung bedingt Zuwachs von elastischem Gewebe. Es wird ganz von der Stärke der Entwicklung, welche die einzelnen Organe, Extremitäten etc. aus inneren oder äusseren Ursachen erreichen, abhängen, ob der Zuwachs an elastischer Spannung und damit auch an elastischer Substanz ein grosser oder geringer sein wird. Jedenfalls wird dieser Prozess im Wesentlichen mit der Wachstumsperiode abgeschlossen sein. Die an und für sich

mehr oder weniger stark gespannten Gefässe unterliegen jetzt nur noch den durch die Pulsation und die Körperbewegung bedingten Schwankungen, welche aber keinen Wachstumsreiz ausüben, da nach Rückkehr des Druckes oder Zuges auf die normale Grösse auch die Spannung wieder sinkt und das elastische Gefässrohr wegen seiner elastischen Vollkommenheit auf die ursprüngliche Form zurückgeht.

Das ändert sich aber in dem Augenblick, wo unter dem Einfluss der dauernden Spannung, der dauernden kleinen Zerrungen oder sonstiger Schädlichkeiten die elastische Vollkommenheit abnimmt und die Nachwirkungen sich geltend machen. Die Folge ist, ähnlich wie an einem dauernd gespannten Kautschukfaden, eine wenn auch noch so geringe Dehnung des Rohres. Es würde nichts nützen durch Anbildung einer dem verloren gegangenen elastischen Widerstand entsprechenden Menge elastischen Gewebes den Schaden beseitigen zu wollen. Denn das Gefässrohr ist bereits überdehnt und würde trotz des neugebildeten elastischen Gewebes bei jedem Pulsschlag entsprechend der Überdehnung über die bisherige Maximalgrenze verlängert werden. Ausserdem würde, da die Pulsexkursionen bei der grossen Dehnbarkeit der geringen Menge neugebildeten elastischen Gewebes die gleichen bleiben, die Abnahme der elastischen Vollkommenheit in dem alten elastischen Gewebe sehr schnell fortschreiten. Soll das verhindert werden, so muss eine viel grössere Menge elastischen Gewebes als der unbrauchbar gewordene Anteil angebaut oder, wenn das der Raum nicht erlaubt, ein Material zur Wandverstärkung benutzt werden, welches einen grösseren elastischen Widerstand besitzt. Das ist das Bindegewebe. Die in der absteigenden Periode eintretende Wucherung des Bindegewebes ist nur der Ausdruck für die allmähliche Abnahme der elastischen Vollkommenheit des elastischen Gewebes. Jede Verminderung der elastischen Spannung bedingt die Entwicklung von Bindegewebe.

Diese Abnahme der elastischen Vollkommenheit verläuft vielfach ohne sichtbare Veränderung der Struktur. In gewissen Strom-

gebieten, besonders an der Aorta kann sie sich in einer Lockerung der Kittsubstanz und einer Verfettung derselben äussern. Da die ältesten Schichten des elastischen Rohres, d. h. die äusseren am ersten ihre Vollkommenheit verlieren werden, so ist es uns verständlich, warum der atheromatöse Prozess in den äusseren Schichten der relativ dicken Intima der Aorta, also in dem elastischen Grenzstreifen beginnt.

---

Ferner sprach Herr Dr. H. Schridde über:

### **Untersuchungen über die Morphologie der Knochenmarks-Riesenzellen.**

Unsere Kenntnisse über die einkernigen Riesenzellen des Knochenmarkes sind besonders gefördert worden durch die Untersuchungen von Arnold, Denys, Demarbaix und Heidenhain. Vor allem ist es die eigenartige Struktur des Kernes gewesen, welche das Interesse der genannten Forscher erregt hat. Auch der Aufbau des Zelleibes hat eine aufmerksame Beobachtung gefunden. Besonders in der Heidenhainschen Arbeit „Neue Untersuchungen über die Zentralkörper und ihre Beziehungen zum Kern- und Zellenprotoplasma“ ist diesem Kapitel eine eingehende Bearbeitung zu teil geworden.

Die Mitteilungen, welche ich mir heute zu machen gestatte, befassen sich allein mit dem Baue des Protoplasmas. Ich werde im folgenden von Körnelungen der Megakaryocyten berichten, die für diese Zellen charakteristisch sind und deren Auffindung mir durch meine Azur II. Eosin-Aceton-Methode gelungen ist.

Kurz möchte ich, bevor ich zur Schilderung meiner Befunde übergehe, auf zwei Arbeiten zu sprechen kommen, welche für die von mir zu erledigende Frage inbetracht kommen. Es sind das Abhandlungen von Arnold<sup>1)</sup> und Ceconi<sup>2)</sup>. Die beiden

---

1) J. Arnold. Zur Morphologie und Biologie der Zellen des Knochenmarks. Virchows Arch. 1895.

2) A. Ceconi. Ricerche sul midollo funzionante delle ossa. Padua 1895

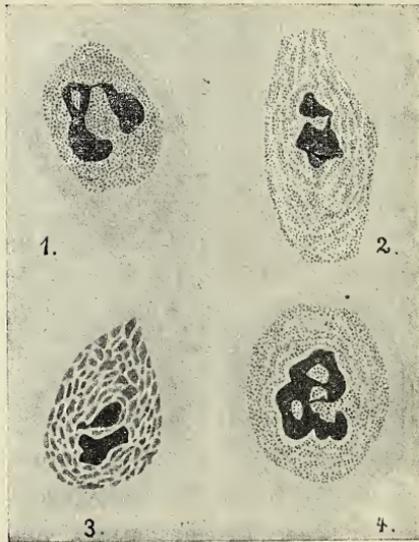
Autoren erwähnen in ihren Schriften, dass es ihnen gelungen sei, in Knochenmarksriesenzellen mit der Altmannschen Färbung Körner im Protoplasma dieser Zellen nachzuweisen. Arnold sagt darüber: grössere rote Körner kommen in den nach Altmann konservierten und tingierten Objekten in allen grösseren, namentlich auch in Riesenzellen vor und sind durch ihre Beziehungen zu Fäden gekennzeichnet. Ceconi bildet mehrere Knochenmarks-Riesenzellen von Kaninchen und Meerschweinchen ab, in denen meistens relativ wenige rot gefärbte Körnchen in reihenartiger Anordnung zu sehen sind. Durch Zufall ist es mir auch einmal geglückt, im normalen menschlichen Blute eine Knochenmarksriesenzelle anzutreffen, welche ein ähnliches Bild bot wie die von Ceconi bei den erwähnten Tieren beobachteten. Das Präparat war ein Ausstrichpräparat und war mit meiner Müller-Formol-Osmium-Methode fixiert und nach Altmann gefärbt.

Im folgenden möchte ich nun von Befunden berichten, welche ich an menschlichen Megakaryocyten mit Hilfe der Azur II-Eosin-Acetonmethode<sup>1)</sup> gewonnen habe. Die Präparate, welche Kindern, Erwachsenen und greisen Individuen entstammen, sind in Formol und Formol-Müller fixiert. Ausser normalem Knochenmarke habe ich auch Knochenmark bei perniciöser Anämie und lymphoider Leukämie untersucht.

In den gefärbten Schnitten, welche durchweg eine Dicke von  $3\ \mu$  besitzen, zeigen sich folgende Befunde. Nehmen wir das am meisten vorkommende Bild, so sehen wir die ganze Zelle dicht erfüllt mit leicht schmutzig-karmoisinroten Körnern, welche in ihrer Grösse und in ihrer Farbenreaktion den neutrophilen Granulationen der Leukocyten nahe zu stehen scheinen. Diese Granula finden sich nicht nur in dem den Kern umgebenden Protoplasma, sondern treten in gleicher Weise auch in den Protoplasmateilen auf, welche der gelappte Kern umschliesst.

---

1) Herm. Schridde. Die Darstellung der Leukocytenkörnclungen im Gewebe. Zentralbl. f. allg. Pathol. 1905. 19.



In vielen Fällen oder doch in einer grossen Anzahl ist der ganze Zelleib erfüllt mit diesen Körnchen. In einem ziemlich reichen Prozentsatz der Zellen zeigt sich jedoch, dass ein mehr oder minder breiter Saum von Protoplasma an der Peripherie vollkommen granulafrei ist (Abb. 1, 3, 4). Dieser Saum, welcher sich bei der Färbung ganz schwach bläulich tingiert, scheidet sich auf das schärfste von der inneren, perinukleären, gekörnten Zone, wie das ja auch aus den Abbildungen klar hervorgeht. Gewöhnlich ist die körnchenfreie Randzone in ihrer Breite unregelmässig gestaltet und weist hin und wieder lappige Auswüchse auf (Abb. 1).

Von Heidenhain,<sup>1)</sup> dessen Bilder von Megakaryocyten des Kaninchens eine in die Augen fallende Ähnlichkeit in bezug auf den gröberen Aufbau des Zelleibes mit einigen meiner Befunde

---

1) M. Heidenhain. Neue Untersuchungen über die Centrankörper und ihre Beziehungen zum Kern- und Zellenprotoplasma. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 43. 1894.

aufweisen, wird ebenfalls eine blasse, homogene Randzone beschrieben, welche als äusseres Exoplasma bezeichnet wird. Heidenhain schildert auch eine dicht dem Kern anliegende, gleich beschaffene Zone beim Kaninchen. Nach meinen Untersuchungen, die ausser an den mit Formol und Formol-Müller behandelten Präparaten auch an nach der Ehrlichschen Vorschrift durch Hitze fixierten Ausstrichpräparaten angestellt wurden, kann ich diese Angaben für den Menschen nicht bestätigen, ebensowenig wie das Vorhandensein eines besonders gestalteten Endoplasmas innerhalb des gelappten Kernes. Auch hier im Inneren des Kernes findet man ganz das gleiche, gekörnte Protoplasma wie in der perinukleären Zone. Trifft man um den Kern herum einen hellen, körnchenfreien Raum, wie er in Abb. 4 dargestellt ist, so handelt es sich hier nach meinen Erfahrungen um ein durch Schrumpfung hervorgerufenes Kunstprodukt. Dafür spricht vor allem auch, dass ich in den Trockenpräparaten niemals ähnliches konstatieren konnte.

Besonders interessante Befunde konnte ich ferner in bezug auf die Lagerung der Granula erheben. Ausser der eben geschilderten, gleichmässig über die ganze körnchenhaltige Zone verbreiteten Anordnung sieht man nicht so selten auch eine Lagerung zu konzentrisch um den Kern geschichteten Reihen und breiten Bändern und Feldern. Besser als jede Schilderung zeigt das die Abbildung 2. In diesen herdförmigen Bezirken sind die Körner, wie man sieht, besonders dicht gelagert, wodurch diese Gebilde noch mehr hervortreten. In verschiedenen Zellen, die ich beobachtet habe, sind die Körner so dicht zu einzelnen Komplexen zusammengelagert, dass eine Auflösung dieser Granulaherde durch das Mikroskop kaum noch möglich ist. Es sieht aus, als ob die ganze Zelle mit sich gegenseitig formenden Schollen erfüllt sei. Man hat hier ein Bild vor sich, welches eine geradezu frappante Ähnlichkeit mit den Nissl-Körperchen in den Ganglienzellen aufweist. In Abbildung 3 ist eine solche Zelle gezeichnet.

Die eben geschilderten Befunde beziehen sich auf Präparate, welche von mit Formol oder Formol-Müller behandelten Gewebs-

stücken des Knochenmarkes gewonnen sind. Es war nun noch die Frage zu lösen, ob auch an Abstrichpräparaten, welche durch Hitze fixiert sind, die Körnelungen in der gleichen Weise darzustellen seien. Die Präparate, welche nur eine Färbezeit von 10—15 Minuten verlangen, zeigen nun ganz dieselben Bilder wie die Paraffinschnitte. Ganz so klar und durchsichtig wie diese sind sie allerdings nicht, wenn auch die Granula in ihnen auf das schönste hervortreten. Dass diese Präparate nicht so klar sind, liegt daran, dass wir hier die Zelle in ihrer ganzen Dicke vor uns haben, während in den Schnitten nur eine Scheibe der Zelle vorhanden ist, die natürlich ein besseres Studium gestattet. Allein man kann doch, wie man sich an den Präparaten überzeugen kann, alle die Eigentümlichkeiten, welche für die Lagerung der Körner inbetracht kommen, in vollkommener Deutlichkeit erkennen. Man sieht auch hier: einmal die gleichmässige Verteilung der Granula, in anderen Zellen wieder die Anordnung zu konzentrisch um den Kern gelagerten Reihen, Bändern und Feldern. Und weiter beobachtet man in gut gelungenen Präparaten an unversehrten Zellen den körnchenfreien Aussensaum. Auf diesen Nachweis der Granula bei der Hitze-fixation möchte ich besonderen Wert legen, da diese Präparate die Natur der Körner als echte Granula beweisen.

Die geschilderten Granula der menschlichen Knochenmarkesriesenzellen stehen, wie ich das schon sagte, und wie das auch die Trockenpräparate zeigen, sowohl in ihrem Volumen wie auch in ihrem tinktoriellen Verhalten den neutrophilen Granulationen der Leukocyten nahe. Ob man hieraus Schlüsse auf einen Zusammenhang dieser beiden Zellen machen darf, vermag ich heute noch nicht zu entscheiden. Es erscheint mir jedoch fraglich. Die in der Litteratur zu findende Ansicht, dass sich aus den Megakaryocyten Lymphocyten entwickeln sollten, ist wohl durch den Nachweis der charakteristischen Granulationen von vornherein widerlegt.

Die Frage, ob die mit Azur II-Eosin darstellbaren Granula identisch sind mit den Altmannschen Körnern, kann ich noch

nicht mit Sicherheit beantworten, da ich lebenswarm fixiertes, menschliches Knochenmark bisher nicht erlangen konnte. Dagegen zu sprechen scheint mir die Tatsache, dass die Altmannschen Granula nur relativ spärlich vorhanden und nur in einfachen Reihen angeordnet sind. Vielleicht sind die fuchsino-philen Körnchen eine zweite Granulaart, welche sich zwischen den anderen Körnern befindet. Ich komme auf diese Vermutung, weil die Untersuchungen des Herrn Dr. Lobenhoffer zeigen, dass in den Ganglienzellen zwischen den Nissl-Körperchen sich zu einzelnen oder in Reihen angeordnete fuchsino-phile Körnchen vorfinden. Sollte sich diese meine Vermutung bestätigen, so wäre die Ähnlichkeit der morphologischen Struktur der Knochenmarksriesenzelle und der Ganglienzelle eine sehr grosse, bis ins Detail gehende. Die Erledigung dieser Frage sowie die ausführliche Wiedergabe meiner in kurzen Worten skizzierten Untersuchungen über die Granula der Knochenmarks-Riesenzellen werden an anderer Stelle erfolgen.

---

In der anschließenden Geschäftssitzung wurden gewählt  
zum ordentlichen Mitgliede:

Herr Dr. Carl Schaum, a.o. Professor der physicalischen Chemie, bisher a.o. Mitglied der Gesellschaft.

Zu ausserordentlichen Mitgliedern:

Herr Dr. Ernst Neumann, a.o. Professor der Mathematik;

Herr Dr. Heinrich Jung, Privatdocent der Mathematik;

Herr Dr. Hermann Schridde, Privatdocent der pathologischen Anatomie;

Herr Dr. Walter Straub, a.o. Professor der Pharmakologie,  
Director des pharmakologischen Instituts.

---

Aufgelegte Schriften:

- Winterthur. Schweizerische Naturf. Gesellsch. Verhandlungen. 87. Jahresvers. (1905).
- Washington. A. Smithsonian Miscellaneous collections.
- a) Titel zu vol. 46.
  - b) Part of vol. 49 (No. 1584) und 48. Bd. (No. 1574) und 47. Bd. (1559), 46. Bd. (part.).
  - c) Report of the U. St. Nationalmuseum 1902/3. geb.
- B. Department of agriculture. Yearbook 1904. geb.
- C. U. S. Geological Survey.
- a) Mineral resources f. 1903. geb.
  - b) 25. Annual report (1903/4). geb.
  - c) Professional paper No. 29/33, 35, 39.
  - d) Bulletin No. 234—240, 242, 244/246, 248/250, 252/255, 258/361, 264.
  - e) Water supply & irrigation Paper No. 99/100, 103, 105/118.
- Montana. University Bulletin No. 25 26.
- New-York. University. State Museum report 56. 1/4 geb.
- Schlesien (Provinz). Gesellsch. f. vaterl. Cultur.
- a) Ergänzungsheft zum 81. Jahresbericht.
  - b) 82. Jahresbericht.
- Schleswig-Holstein. Schriften des naturwiss. Vereins. VIII. 1. Heft.
- Tokyo. a) Annotationes zoologicae jap. V. Bd. 4<sup>o</sup>.
- b) Mittheilungen der mediz. Fakultät. VI. Bd. 3.
- Toscana. Societa di scienze naturali. Atti XIV. No. 8.
- Upsala. a) Bulletin of the geolog. institution of the University. VI. Bd. No. 11/12.
- b) Svenska Vetenskaps akademien i Stockholm.
    - 1) Arkiv för Kemi etc. II. Bd. 1. H.
    - 2) „ „ Zoologi. II. Bd. 3. H.
    - 3) „ „ Botanik. IV. Bd. 1/3.
- Urbana (Illinois). Bulletin of the Illinois laboratory. VII. Bd. 4. Heft.
- Wien. a) Verhandl. der geol. Reichsanstalt 1905. No. 6—9.
- b) Schriften des Vereins zur Verbreitung etc. 45. Bd.

Washington. Carnegie Institution.

- a) Castle, Heredity of Coat characters etc.
- b) Macdougall, Mutants & hybrids etc.
- c) Shall, Stages in the development etc.

Boston. Amer. Academy of arts & Sciences Proceedings.  
40. Bd. No. 23/24. 41. Bd. No. 1/11.

Monthly list of publications. No. 516/517 u. 520.

Resource map Dominion of Canada.

Ontario Windsor sheet.

Amsterdam. a) Verhandelingen der K. Akademie van Wetenschappen II. Sect. XI. Th. und XII. Th. No. 1/2. XIII. Th. No. 1/2. I. Sect. IX. Th. No. 1. (1904/5) sowie  
b) Jaarboek 1904.

Basel. Verhandl. der naturf. Gesellsch. XVIII. Bd. Heft 1.  
(1905).

Belgien. Bulletin de la société géologique. XXXI. Bd.  
1903/4. Liège.

Besztencze. 30. Jahresber. der Gewerbelehrlingsschule. (1905).

Bonn. a) Sitzungsberichte der Niederrh. Gesellsch. f. Natur- und Heilkunde. 1904 2. Hälfte, 1905 1. Hälfte. (1905).  
b) Verhandlungen des naturhist. Vereins der preuss. Rheinlande. 61. Jahrg. 2. Hälfte u. 62. Jahrg. 1. Hälfte. (1905).

Braunschweig. Programm der herzogl. techn. Hochschule für 1905/6.  
(1905).

Brooklyn N. Y. Cold spring harbor monographs 4 u. 5. (1905).

Buenos Aires. a) Veröffentlichungen d. dtsh. akad. Vereinigung. I. Bd. 8. Heft.  
(1905).

b) Boletín de la Academia nacional de Ciencias en Córdoba. XVII. Bd. 4.  
(1904).

c) Anales del museo nacional de B. A. III. Ser. IV. Bd. (1905).

d) Demografía de la provincia de B. A. Anno 1900 u. 1902.  
(La Plata 1905).

California. Annoncement of the University publications.  
(Berkeley 1904).

Chicago. Academy of sciences. a) Special publication. No. 1.  
b) Bulletin No. III. 2. Th. II. No. IV. (1901/2).

- Boston. The American naturalist No. 463—466.
- Chapel Hill. Journal of the E. Mitchell scientific society.  
XXI. Bd. No. 2.
- Danzig. Schriften der naturf. Gesellsch. N. F. XI. Bd. 3. Heft.  
(1905).
- Darmstadt. Notizblatt des Vereins f. Erdkunde. IV. Folge.  
25. Heft. (1904).
- Dresden. Sitzungsberichte u. Abhandl. der Gesellschaft Flora.  
N. F. 8. Jahrg. (1903/4).
- Dürkheim a. H. Mittheilungen der Pollichia No. 20/21.  
(1904/5).
- Fiume. Mittheil. des naturwiss. Clubs. XI. Jahrg. (1904).
- Frankfurt a./M. Senkenbergische naturf. Gesellschaft.  
a) Abhandlungen. 27. Bd. Heft 4.  
b) Bericht f. 1905.
- Giessen. 34. Bericht der oberhess. Gesellsch. f. Natur- und  
Heilkunde. (1905).
- Greifswald. a) Naturwiss. Verein. Mittheilungen. 36. Jahrg.  
(1904).  
b) Geograph. Gesellsch. IX. Jahresbericht. (1903/5).  
c) Derselben 20. Excursion (nach Helgoland).
- Haarlem. Archives du musée Teyller. II. Ser. IX. vol. (1905).
- Halle a./S. a) Leopoldina. 46. Heft. No. 7—9.  
b) Verein für Erdkunde. Mittheilungen 1905.
- Kristiania. Den Norske Sindssygelovgivning. 1901.
- Lima. Boletín del cuerpo de ingenieros de minas del Perú.  
No. 24. (1905).
- Limoges. a) Ch. Janet observations sur les fourmis. 1904.  
b) Do Description d'une petite installation scientifique  
1. partie. 1903.
- Linz a. D. Museum Francisco-Carolinum. 63. Jahresber. 1905.
- Bergen's Museum Aarborg 1905. Bergen 1905.
- Bergen's Museum An account of the Crustacea of Norway by  
G. O. Sars. V. Bd. IX. u. X. Theil. Bergen 1905.

- Frankfurt a./O., naturw. Verein. Helios. XXII. Bd.  
Berlin 1905.
- Canada. Institut. Transactions No. 16 (VIII. Bd.).  
Toronto.
- Cassel. Verein für Naturkunde. Abhandlungen und Bericht  
No. 49  
Cassel 1905.
- Greifswald. Naturw. Verein. Mittheilungen. 35. Jahrgang.  
1903.  
Berlin 1904.
- Dresden. Gesellsch. f. Natur- und Heilkunde. Jahresbericht  
1904/1905.  
München 1905.
- Dresden. Isis. Sitzungsberichte und Abhandlungen. Jahr-  
gang 1905. I. Semester.  
Dresden 1905.
- Karlsruhe. Naturw. Verein. Verhandlungen. 18. Bd.  
Karlsruhe 1905.
- Napoli. Accademia delle scienze fisiche etc. Rendiconto.  
III. Ser. IX. Bd. 4—7 fasc.  
Napoli 1905.
- Perù. Cuerpo de Ingenieros etc. Boletin No. 25. Lima 1905.
- Napoli. Accademia della scienze fisiche. Atti II. Ser. XII. Bd. 4<sup>o</sup>.  
Napoli 1905.
- Philadelphia. Acad. of natur. sciences. Proceedings 57. Bd.  
II. Theil.  
Philadelphia 1905.
- Roma. R. Accad. dei Lincei. Atti 5. Ser. 14. Bd. 8/9 fasc.  
Roma 1905.
- Sao Paulo. Sociedade scientifica. Revista No. 2.  
Sao Paulo 1905.
- Stavanger Museum. Aarshefte for 1904. (15. Aargang).  
Stavanger 1905.
- Stockholm. Svenska vetenskaps akademien. Arkiv för mate-  
matik. II. Bd. Heft 1/2.  
Upsala 1905.
- Stockholm. Svenska vetenskaps akademien. Arkiv för Botanik.  
4. Bd. Heft 4.  
Upsala 1905.
- Washington. U. St. geolog. Survey. Water-Supply and  
Irrigation Paper No. 119/122, 124, 126, 128, 132.  
Washington 1905.

- Washington. U. St. geolog. Survey. Bulletin No. 243 und  
257. Washington 1905.
- Washington. U. St. geolog. Survey. Monographs. 47. Bd.  
4<sup>o</sup> geb. Washington 1904.
- Wien. Naturhist. Hofmuseum. Annalen. Jahresbericht für  
1903. Wien 1904.
- Wien. K. k. geologische Reichsanstalt. Verhandlungen 1905.  
No. 10/12. Wien 1905.
- Wien. Deutsch-österr. Orientclub „der Orient.“ Jahrbuch.  
VII. Jahrg. (Serbien unter Peter I.). Berlin 1905.
- Wiesbaden. (Nass. Verein für Naturkunde. Jahrbücher.  
58. Jahrg. Wiesbaden 1905.
- Wisconsin University. Bulletin No. 108. Madison 1904.
- Proceedings of the Acad. of arts and sciences. 41. Bd. 12/13.  
Augustana library. Publications No. 4. Rock Island 1905.
5. Internationaler geburtshilfl. gynäk. Kongress.  
St. Petersburg 1905.
- The American Naturalist. 39. Bd. No. 467. Boston 1905.
- The Rumford Fund of the Americ. Acad. of arts.  
Boston 1905.
- Museum für Natur- und Heimatkunde. Abhandlungen und Be-  
richte. Magdeburg. Bd. I. Heft 1. 1905.
-



