

1913-14  
8  
155

11310  
Smith

# Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten  
Naturwissenschaften

zu

MINERALOGY  
AMERICAN GEOLOGY  
JUL 18 1914  
LIBRARY

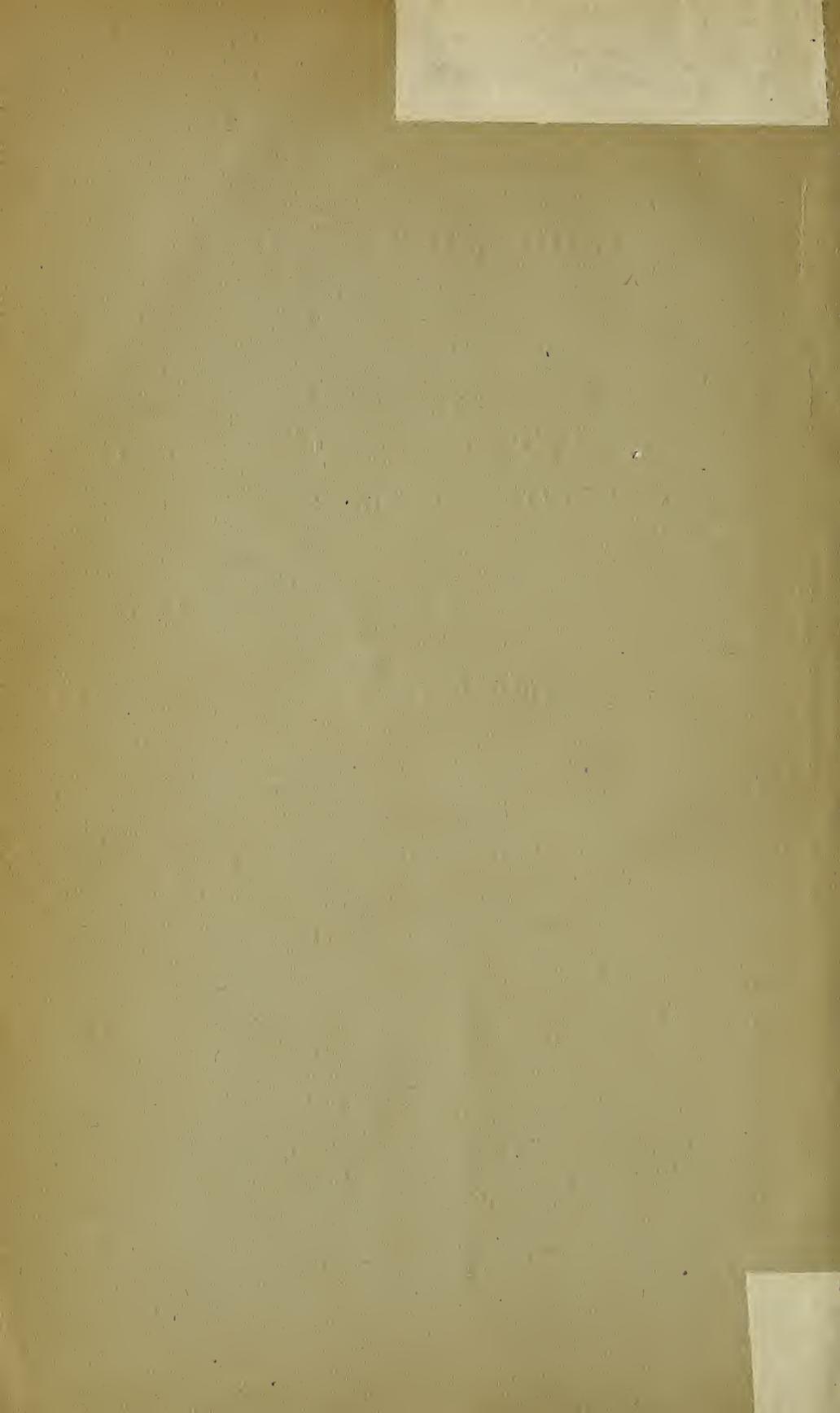
Marburg

---

Jahrgang 1913

---

Marburg  
Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch  
1914.



# Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten  
Naturwissenschaften

zu

Marburg

28025

Jahrgang 1913



Marburg

Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch  
1914.

THE  
MUSEUM  
OF  
THE  
CITY OF  
NEW YORK

## Inhalts=Angabe.

	Seite
Herr <i>F. Richarz</i> : Neue Beobachtungen über das Dopplers'sche Prinzip bei bewegten Schallquellen . . . . .	1
Herr <i>F. A. Schulze</i> : Fluoreszenzserregung durch Kathodenstrahlen und Quantenhypothese . . . . .	15
Herr <i>A. Lohmann</i> und <i>Eduard Müller</i> : Ueber die Wirkung des Nervus vagus auf die Bronchialmuskulatur . . . . .	19
Herr <i>Fritz Löning</i> : Ueber sauerstoffzehrende und sauerstoffübertragende Eigenschaften des Blutserums . . . . .	30
Herr <i>F. Richarz</i> : Vergrößerung der Schallgeschwindigkeit in Gasen bei gleichzeitiger Jonisation derselben . . . . .	47
Herr <i>F. A. Schulze</i> : Ueber die spezifischen Wärmen von Flüssigkeiten und über eine die innere Ausdehnungsarbeit von Flüssigkeiten bei Erwärmung betreffende Gesetzmäßigkeit .	53
Herr <i>Eduard Müller</i> : Zur Anatomie der Bronchialmuskulatur .	67
Herr <i>A. Thiel</i> : Ueber eine Grundfrage aus der Lehre von den heterogenen chemischen Gleichgewichten . . . . .	73
Herr <i>A. Thiel</i> : Ueber einige z. T. noch wenig bekannte Indikatoren-Reaktionen . . . . .	89
Herr <i>A. Lohmann</i> und <i>Eduard Müller</i> : Ueber Durchblutung der Lunge in verschiedenen Dehnungszuständen . . . . .	91
Herr <i>A. Lohmann</i> und <i>Eduard Müller</i> : Das Elektrokardiogramm bei angeborenen Herzfehlern (nebst experimentellen Studien über die Beeinflussung derselben durch künstliche Lageveränderungen des Herzens) . . . . .	98
Herr <i>O. Bruns</i> : Ueber die Aenderungen der Blutzirkulation im Lungenkreislauf bei Aenderungen der Lungenspannung und die praktische Bedeutung dieser Zirkulationsänderungen bei therapeutischen Eingriffen an der Lunge . . . . .	109
Herr <i>Jaensch</i> : Die Farbenkonstanz der Sehdinge . . . . .	116
Herr <i>A. Schwantke</i> : Beiträge zur Erklärung der Meteoritenbildung . . . . .	119

#### IV

Herr <i>A. Schwantke</i> : Die erweiterte Dreiecksprojektion zur Darstellung von Gesteinsanalysen. Zweite Methode mit Konstanz des inneren Dreiecks . . . . .	128
Herr <i>F. A. Schulze</i> : Die Elektronentheorie . . . . .	142
Herr <i>Kutscher</i> : Ueber Mutterkornextrakt . . . . .	142
Herr <i>Kutscher</i> : Zur Kenntnis des Mytilotoxins . . . . .	142
Herr <i>Kirchheim</i> : Untersuchungen zur Frage der Trypsinvergiftung . . . . .	142
Herr <i>Hürter</i> : Die Bedeutung der röntgenologischen Untersuchung des Digestionstraktus für die Klinik . . . . .	142
Herr <i>Böttner</i> : Der momentane Stand der Ergebnisse der Abderhaldenschen Reaktion mit Demonstration der Versuchstechnik . . . . .	142
Wahlen Seite 17, 72, 89, 108, 118, 127, 142.	
Aufgelegte Schriften Seite 18, 90, 143, 144.	

---

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

(am Schluß des Jahres 1913).

## Ehrenmitglieder.

<i>Retzius, Gustav</i> , Prof. emerit. der Anatomie, Stockholm . .	18.	1.	90.
<i>Marchand, Felix</i> , Dr. med., o. Prof. d. path. Anat., Geh. Med.-Rat, Leipzig . . . . .	9.	12.	00.
<i>Hittorf, Wilhelm</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Physik, Geh. Reg.- Rat, Münster . . . . .	19.	11.	01.
<i>Graf Zeppelin</i> , Dr. ing., Exzellenz, Friedrichshafen . . .	5.	8.	08.
<i>Mannkopff, Emil</i> , Dr. med., o. Prof. d. inn. Med., Geh. Med.-Rat . . . . .	12.	7.	11.

## Einheimische Mitglieder.

### A. Ordentliche.

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

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

## VI

<i>Gürber, August</i> , Dr. med. et phil., o. Prof. d. Pharmakologie	28. 6. 11.
	(9. 12. 08)
<i>Hensel, Kurt</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik, Geh. Reg.-Rat	10. 12. 02.
<i>Jores, Leonhard</i> , Dr. med., o. Prof., Direktor d. pathol. Inst.	9. 7. 13.
<i>Kayser, Emanuel</i> , Dr. phil., o. Prof. der Geologie, Geh. Reg.-Rat	13. 1. 86.
<i>König, Friedrich</i> , Dr. med., o. Prof., Direktor d. chir. Klinik	9. 7. 13.
<i>Korschelt, Eugen</i> , Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Geh. Rat	26. 7. 93.
<i>Kutscher, Friedrich</i> , Dr. med., a. o. Prof. der Physiologie	12. 2. 08.
	(16. 2. 98)
<i>Lohmann, Alfred</i> , Dr. med., Professor, Privat-Dozent der Physiologie	7. 5. 13.
	(8. 2. 05)
<i>Matthes, Max</i> , Dr. med., o. Prof. d. inneren Med., Geh. Rat	28. 6. 11.
<i>Meyer Arthur</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Botanik, Geh. Rat	4. 11. 91.
<i>Müller, Eduard</i> , Dr. med., a. o. Prof., Direktor der med. Poliklinik	7. 5. 13.
	(9. 2. 10)
<i>Neumann, Ernst</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik	8. 5. 07.
	(13. 12. 05)
<i>Ostmann, Paul</i> , Dr. med., o. Hon.-Prof. der Otologie	13. 11. 95.
<i>Richarz, Franz</i> , Dr. phil., o. Prof. der Physik	15. 5. 01.
<i>Römer, Paul</i> , Dr. med., a. o. Prof. der Hygiene	28. 6. 11.
	(10. 2. 04)
<i>Schenck, Friedrich</i> , Dr. med., o. Prof. d. Physiol., Geh. Rat	15. 5. 01.
<i>Schmidt, Ernst</i> , Dr. phil., o. Prof. der pharm. Chemie, Geh. Reg.-Rat	11. 3. 85.
<i>Schulze, Franz Arthur</i> , Dr. phil., Prof., Priv.-Doz. d. Physik	5. 8. 08.
	(31. 7. 01)
<i>Schultze Jena, Leonhard</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Geographie	7. 5. 13.
<i>Thiel, Alfred</i> , Dr. phil., a. o. Prof. der physik. Chemie	8. 5. 12.
	(10. 5. 11)
<i>Tuczek, Franz</i> , Dr. med., o. Prof. der Psychiatrie, Geh. Med.-Rat	15. 5. 95.
	(14. 3. 90)
<i>Zangemeister, Wilhelm</i> , Dr. med., o. Prof. der Gynäkologie	28. 6. 11.
<i>Zincke, Theodor</i> , Dr. phil., o. Prof. em. d. Chemie, Geh. Reg.-Rat	13. 1. 76.

## VII

### B. Außerordentliche.

<i>Andréé, Karl</i> , Dr. phil., Priv.-Dozent . . . . .	4. 8. 10.
<i>Berblinger, Walther</i> , Dr. med., Privatdozent . . . . .	9. 7. 13.
<i>Berlin, Ernst</i> , Dr. phil., Assistent am physiol. Institut . . . . .	28. 6. 11.
<i>Bielschowsky, Alfred</i> , Dr. med., o. Professor, Direktor der Augenklinik . . . . .	30. 7. 13.
<i>Blanckenhorn</i> , Professor Dr., Privatgelehrter . . . . .	15. 1. 13.
<i>Brand, Walther</i> , Dr. phil., Oerlehrer . . . . .	19. 2. 13.
<i>Bruns, Oskar</i> , Dr. med., Priv.-Doz., Oberarzt d. med. Klinik . . . . .	28. 6. 11.
<i>v. Dalwigk, Friedrich</i> , Dr. phil., Prof., Priv.-Dozent der Mathematik . . . . .	9. 5. 00.
<i>Esch, Peter</i> , Dr. med., Prof., Privatdozent . . . . .	20. 11. 13.
<i>Fischer, Guido</i> , Dr. med., Prof., Direktor d. Zahnklinik . . . . .	28. 6. 11.
<i>Flade, Friedrich</i> , Dr. phil., Priv.-Doz. für Chemie . . . . .	4. 8. 10.
<i>Frey, Ernst</i> , Dr. med., Prof., Privatdozent . . . . .	30. 7. 13.
<i>Fries, Carl</i> , Dr. phil., a. o. Prof. d. Chemie . . . . .	9. 3. 04.
<i>Göppert, Ernst</i> , Dr. med., a. o. Prof. d. Anatomie und I. Prosektor . . . . .	4. 12. 12.
<i>Grüter, Wilhelm</i> , Dr. med., Priv.-Dozent, Assistent an der Augenklinik . . . . .	28. 6. 11.
<i>Harms, Wilhelm</i> , Dr. phil., Priv.-Dozent für Zoologie . . . . .	7. 6. 10.
<i>Hellinger, Ernst</i> , Dr. phil., Priv.-Dozent für Mathematik . . . . .	12. 1. 10.
<i>Herrmann, F.</i> , Dr. phil., Priv.-Dozent, Assistent am geol. Institut . . . . .	1. 3. 11.
<i>Heyde, Martin</i> , Dr. med., Priv.-Dozent der Chirurgie . . . . .	7. 6. 10.
<i>Hildebrand, Heinrich</i> , a. o. Professor der gerichtl. Medizin . . . . .	14. 12. 04.
<i>Hürter, Jakob</i> , Dr. med., Prof., Privatdozent . . . . .	17. 12. 13.
<i>Jaensch, Erich</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Philosophie . . . . .	11. 6. 13.
<i>Jahrmärker, Max</i> , Dr. med., Prof., Priv.-Dozent, Oberarzt der psychiatr. Klinik . . . . .	10. 2. 04.
<i>Kauffmann, Oskar</i> , Hauptmann d. L., a. D. . . . .	13. 12. 11.
<i>Keller, Oskar</i> , Dr. phil., Prof., Abteilungsvorsteher am pharm. Institut . . . . .	28. 6. 11.
<i>Kirchheim, Ludwig</i> , Dr. med., Prof., Privatdozent . . . . .	17. 12. 13.
<i>Krauss, Wilhelm</i> , Dr. med., Prof., Privat-Doz. der Augen- heilkunde . . . . .	10. 7. 07.
<i>Löning, Fritz</i> , Dr. med., Privatdozent . . . . .	9. 7. 13.
<i>Misch, Georg</i> , Dr. phil., a. o. Prof. d. Philosophie . . . . .	30. 7. 13.
<i>Obst, E.</i> , Dr. phil., Privatdozent f. Geographie . . . . .	13. 11. 12.
<i>Reissert, Arnold</i> , Dr. phil., Prof., Priv.-Doz. der Chemie . . . . .	11. 2. 03.

## VIII

<i>Rieländer, August</i> , Dr. med., Prof., Privat-Dozent der Gynäkologie . . . . .	13. 6. 06.
<i>Rohmer, Paul</i> , Dr. med., Privatdozent . . . . .	17. 12. 13.
<i>Schenck, Martin</i> , Dr. med. et phil., Privat-Doz., Assistent am pharm. Institut . . . . .	28. 6. 11.
<i>Schwantke, Arthur</i> , Dr. phil., Priv.-Dozent, Assistent am mineral. Institut . . . . .	21. 6. 99.
<i>Siebert, Carl</i> , Dr. phil., Chemiker . . . . .	14. 5. 02.
<i>Stuchtey, Karl</i> , Dr. phil., Assistent am physik. Institut . .	9. 12. 08.
<i>Take, Emil</i> , Dr. phil., Priv.-Dozent, Assistent am physik. Institut . . . . .	9. 12. 08.
<i>Tönniges, Carl</i> , Dr. phil., Prof., Assist. am zoolog. Institut	16. 2. 98.
<i>Veit, Otto</i> , Dr. med., Priv.-Doz., II. Prosektor . . . . .	28. 7. 09.
<i>Wegener, Alfred</i> , Dr. phil., Priv.-Dozent . . . . .	28. 7. 09.

### Auswärtige Mitglieder.\*)

<i>Ach, Narciss</i> , Dr. med. et phil., Professor der Philosophie, Königsberg . . . . .	(8. 2. 05)
<i>Ackermann, Dankwart</i> , Dr. med., Prof., Privat-Dozent der Physiologie, Würzburg . . . . .	(5. 8. 08)
<i>Aschoff, Ludwig</i> , o. Prof. der patholog. Anatomie, Freiburg i. Br. . . . .	17. 6. 03.
<i>Axenfeld, Theodor</i> , Dr. med., o. Prof. der 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>Beneke, Rudolf</i> , Dr. med., o. Prof. d. path. Anat., Halle .	14. 11. 06.
<i>Böhm, Rud.</i> , Dr. med., o. Prof. der Pharm., Geh. Med.-Rat, Leipzig . . . . .	20. 5. 81.
<i>Borrmann, Robert</i> , Dr. med., Prof., Direktor der patholog. Anatomie, Braunschweig . . . . .	(14. 5. 02)
<i>Brauer, August</i> , Dr. phil., Professor, Direktor des naturhistorischen Museums, Berlin . . . . .	17. 5. 99. (17. 6. 96)
<i>Brauer, Ludolf</i> , Dr. med., o. Prof., Direktor d. med. Klinik in Hamburg-Eppendorf . . . . .	(14. 12. 04)
<i>Braun, Ferdinand</i> , Dr. phil., o. Prof. der Physik, Straßburg	(8. 2. 78)

---

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

IX

<i>Brauns, Reinhard</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Bonn (27. 1 88.)	
<i>Buchholz, Adolf</i> , Dr. med., Prof., Oberarzt, Hamburg . . . . .	8. 12. 97.
<i>Busz, Carl</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Münster . . . . .	(19. 6. 95)
<i>Dietrich, Theodor</i> , Dr. phil., Prof., Geh. Reg.-Rat, Hannover (15. 1. 96)	
<i>Dohrn, Rudolf</i> , Dr. med., o. Prof. em. der Gynäkologie, Geh. Med.-Rat, Dresden . . . . .	10. 2. 64.
<i>Drevermann, Fritz</i> , Dr. phil., Priv.-Dozent, Frankfurt . . . . .	(11. 2. 03)
<i>v. Drach, Alhard</i> , Dr. phil., Geheimrat, Cassel . . . . .	11. 7. 66.
<i>Enderlen, Eugen</i> , Dr. med., o. Prof. d. Chirurgie, Würzburg . . . . .	12. 2. 97.
<i>Falk, Ferdinand August</i> , Dr. med., a. o. Prof. d. Pharm., Kiel . . . . .	28. 4. 75.
<i>Fraenkel, Carl</i> , Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Halle . . . . .	4. 11. 91.
<i>Friedrich, Paul</i> , Dr. med., o. Prof. der Chirurgie, Geh. Rat Königsberg . . . . .	12. 2. 08.
<i>Fuëtor, Rudolf</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Mathematik, Karlsruhe (3. 5. 07)	
<i>Gadamer, Johannes</i> , Dr. phil., o. Prof. der pharmazeut. Chemie, Breslau . . . . .	(9. 3. 98)
<i>Goebel, Carl</i> , Dr. phil., o. Prof. der Botanik, München . . . . .	27. 1. 88.
<i>Haselhoff, Emil</i> , Dr. phil., Prof., Direktor der landw. Ver- suchsstation, Cassel . . . . .	(11. 2. 03)
<i>Häcker, Rudolf</i> , Dr. med., Prof., Oberarzt d. chirurg. Klinik, Essen . . . . .	(7. 6. 10)
<i>Heffter, Arthur</i> , Dr. phil. et med., o. Prof. der Pharma- kologie, Berlin . . . . .	14. 11. 06.
<i>Heine, Leopold</i> , o. Prof. der Ophthalmologie, Kiel . . . . .	(18. 1. 99)
<i>Hermann, Theodor</i> , Dr. phil., Hanau . . . . .	(2. 7. 68)
<i>v. Hess, Carl</i> , Dr. med., o. Prof. d. Ophthalmol., München . . . . .	11. 11. 96.
<i>Hess, Otto</i> , Dr. med., Prof., Oberarzt, Posen . . . . .	(25. 6. 02)
<i>*Heusler, Fritz</i> , Dr. phil., Hüttenbesitzer, Dillenburg . . . . .	8. 2. 05.
<i>Jung, Heinrich</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik, Kiel . . . . .	(13. 12. 05)
<i>Kautzsch, Gerhard</i> , Dr. phil., Priv.-Doz. d. Zoologie, Kiel . . . . .	(7. 6. 10)
<i>v. Koenen, Adolf</i> , Dr. phil., o. Professor der Geologie, Geh. Berg-Rat, Göttingen . . . . .	28. 4. 74. (10. 6. 69)
<i>Kossel, Albrecht</i> , Dr. med., o. Prof. d. Physiol., Geh. Rat, Heidelberg . . . . .	15. 5. 95.
<i>Krehl, Ludolf</i> , Dr. med., o. Prof. d. inn. Medizin, Heidelberg . . . . .	8. 11. 99.
<i>Küster, Fr. Wilh.</i> , Dr. phil., o. Prof., Gutsbes., Müncheberg bei Berlin . . . . .	(26. 7. 93)
<i>Küster, Ernst</i> , Dr. med., o. Prof. der Chirurgie, Geh. Med., Rat, Berlin . . . . .	4. 11. 91.
<i>Küttner, Hermann</i> , Dr. med., o. Prof. der Chiurg., Breslau (8. 2. 05)	

## X

<i>Loewi, Otto</i> , Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Graz	(15. 5. 01)
<i>Lotz, Heinrich</i> , Dr. phil., Geologe, Berlin . . . . .	(13. 12. 99)
<i>Meisenheimer, Johannes</i> , Dr. phil., a. o. Prof. d. Zoolog., Jena	5. 8. 08.
	(16. 2. 98)
<i>Meyer, Hans</i> , Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Wien	11. 3. 85.
<i>v. Müller, Friedr.</i> , Dr. med., o. Prof. d. inn. Med., München	26. 7. 93.
<i>Neide, Ernst</i> , Dr. phil., Allstedt, Großherzogtum Sachsen	(13. 1. 04)
<i>Noll, Alfred</i> , Dr. med., a. o. Prof. d. Physiol., Jena . . .	(16. 2. 98)
<i>Oestreich, Carl</i> , Dr. phil., o. Prof. der Geographie, Utrecht	(9. 3. 04)
<i>Opitz, Erich</i> , Dr. med., Prof., Dir. d. Frauenkl., Gießen .	(13. 1. 04)
<i>Pfannkuch, Wilhelm</i> , Dr. med., prakt. Arzt, Cassel . . .	(17. 1. 72)
<i>Pfeffer, Wilh.</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Botanik, Geh. Hofrat, Leipzig . . . . .	(27. 4. 71)
<i>Plate, Ludwig</i> , Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Jena . .	(27. 1. 88)
<i>Plenge, Enriquez</i> , Dr. med., Heidelberg . . . . .	(7. 3. 99)
<i>Ransom, Frederick</i> , Dr. med., Cambridge . . . . .	(7. 3. 99)
<i>Rathke, Bernhard</i> , Dr. phil., Prof. d. Chemie, Meran . .	14. 3. 84.
<i>*Rehn, Joh. Heinrich</i> , Dr. med., San.-Rat, Frankfurt a. M.	26. 11. 80.
<i>Rein, Johannes</i> , Dr. phil., o. Prof. em. 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. d. inn. Mediz. München	20. 6. 00.
<i>Rost, Eugen</i> , Dr. med., Regierungsrat, Berlin . . . . .	(16. 2. 98)
<i>Rubner, Max</i> , Dr. med., o. Prof. der Physiol., Geh. Med.- Rat, Berlin . . . . .	13. 1. 86.
<i>Rühl, Alfred</i> , Dr. phil., Priv.-Doz. d. Geographie, Berlin	(28. 7. 09)
<i>Rumpf, Theodor</i> , Dr. med., Professor, Bonn . . . . .	14. 3. 90.
<i>Rupp, Erwin</i> , Dr. phil., o. Prof. f. Pharmazie, Königsberg	(14. 12. 04)
<i>Ruppel, Wilhelm</i> , Dr. phil., Professor, Höchst . . . . .	(18. 7. 00)
<i>Sauerbruch, Ferd.</i> , Dr. med., o. Prof. der Chirurgie, Zürich	(7. 6. 10)
<i>Schaum, Carl</i> , Dr. phil., a. o. Prof. d. phys. Chemie, Leipzig	13. 12. 05.
	(11. 8. 97)
<i>Schenck, Rudolf</i> , Dr. phil., o. Prof. d. phys. Chemie, Breslau	(11. 8. 97)
<i>Schmidt, Martin</i> , Dr. med., o. Professor d. path. Anatomie, Würzburg . . . . .	28. 6. 11.
<i>Schmidt-Rimpler, Hermann</i> , Dr. med., o. Prof. em. der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Halle . . . . .	15. 11. 71.
<i>Schöne, Georg</i> , Dr. med., Priv.-Doz. f. Chirurgie, Greifswald	(7. 6. 10)
<i>Schottelius, Max</i> , Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Hofrat, Freiburg i. B. . . . .	(11. 7. 79)
<i>Schotthy, Friedrich</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathem., Berlin	15. 5. 95.

## XI

<i>Schridde, Hermann</i> , Dr. med., Prof., Direktor der pathol. Anatomie, Dortmund . . . . .	(13. 12. 05)
<i>Schwenkenbecher, Alfred</i> , Dr. med., Prof., Direktor der med. Klinik, Frankfurt a. M. . . . .	(13. 5. 08)
<i>Seddig, Max</i> , Dr. phil., Priv.-Doz. d. Physik, Frankfurt .	(17. 6. 03)
<i>Siemens, Friedrich</i> , Dr. med., Geh. Med.-Rat, Direktor der Landes-Irrenanstalt Lauenburg i. P. . . . .	(19. 12. 79)
* <i>Speck, Carl</i> , Dr. med., San.-Rat, Kreis-Physik., Dillenburg	5. 4. 71.
<i>Stoeckel, Walter</i> , Dr. med., o. Prof., Direktor der gynäkol. Klinik, Kiel . . . . .	(5. 8. 08)
<i>Strahl, Hans</i> , Dr. med., o. Prof. der Anatomie, Gießen . .	27. 1. 88. (14. 12. 80)
<i>Straub, Walther</i> , Dr. med., o. Prof. d. Pharmakol., Freiburg	(13. 12. 05)
<i>Study, Eduard</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik, Bonn .	(14. 3. 90)
<i>Thumb, Albert</i> , o. Prof. der indog. Sprachen, Straßburg .	(14. 2. 06)
<i>Uthoff, Wilhelm</i> , Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Breslau . . . . .	4. 11. 91.
<i>Wendel, Walther</i> , Dr. med., Prof., Direktor des städtischen Krankenhauses, Magdeburg-Sudenburg . . . . .	(12. 2. 02)
<i>Wernicke, Erich</i> , Dr. med., Prof., Direktor des hygienischen Instituts in Posen . . . . .	16. 2. 98. (10. 2. 97)

### Der Vorstand.

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

### Engerer Ausschuß.

*E. Korschelt*, stellvert. Vorsitzender. *Fr. Schenck. E. Schmidt.*



# Sitzungsberichte

der

## Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

### MARBURG

---

---

*Nr.* 1

Februar

1913

---

---

In der Sitzung vom 19. Februar 1913 machte Herr F. Richarz folgende kleine Mitteilung:

#### **Neue Beobachtungen über das Dopplers'che Prinzip bei bewegten Schallquellen.**

Bereits im Jahre 1900 (Naturw. Rdsch. Bd. 15 p. 59) habe ich eine Beobachtung beschrieben, die ich am Brenner anzustellen Gelegenheit hatte, bei welcher sich eine pfeifende Lokomotive mir näherte und dadurch nach dem Dopplerschen Prinzip ihre Tonhöhe erhöht erschien, während gleich darauf das Echo des Pfiffes von einer für mich jenseits der Lokomotive liegenden Bergwand mit erniedrigter Tonhöhe zurückgelangte. Ehe ich den folgenden neuen von mir beobachteten Fall beschreibe, möchte ich erwähnen, dass infolge meiner damaligen Veröffentlichung mir mehrfach ähnliche Fälle mitgeteilt worden sind, so von Herrn Pfaundler (s. ebenda p. 92), sowie auch von Herrn Walter Simons folgender, noch nicht beschriebene Fall, den er damals beobachtet hatte.

Herr Walter Simons schreibt mir: „An einer Stelle der Nebenbahn Schmalkalden—Kleinschmalkalden fährt der Zug mit ziemlich starkem Gefälle und entsprechender Geschwindigkeit bergab und beschreibt dabei eine Kurve. Während ich

die Stelle durchfuhr, liess die Lokomotive einen langen Pfiff ertönen. Plötzlich hörte ich den Pfiff als Doppelton, Grundton und etwa kleine Terz; als ich der Erscheinung nachspürte, fand ich, dass radial zur Kurve und quer zur augenblicklichen Zugrichtung eine lange und ziemlich hohe Mauer verlief, von der der Pfiff zurückgeworfen wurde. Die Erklärung ist, dass der unmittelbar gehörte Pfiff der Lokomotive vom Mitfahrenden ohne Tonhöhen-Änderung wahrgenommen wird, während gleichzeitig der von der Mauer, welcher sich der Zug näherte, reflektierte Pfiff mit Tonerhöhung gehört wurde.“

Zu den Möglichkeiten, schnell bewegte Tonquellen wahrzunehmen, ist in der Jetztzeit noch hinzugetreten die Automobilhupe. Die Tonveränderung einer vorbeifahrender Automobilhupe im Augenblick des Uebergangs von Annäherung zu Entfernung ist wahrnehmbar, wenn auch weit geringer, als bei einer pfeifenden Lokomotive. Bezüglich des Echos habe ich Gelegenheit gehabt, in dem eng eingeschnittenen Tal zwischen Marburg und Marbach einen neuen derartigen Fall zu beobachten; die Situation war folgende. Ich befand mich auf dem in halber Höhe des südlichen Bergabhanges führenden Wege etwa in der Mitte zwischen beiden Orten; unten im Tal verläuft der Fahrweg; wenn man nach Marburg blickt, hat man vor sich den rückwärtigen Abhang des Schlossberges. Zufällig fuhr nun, als ich mich an dieser Stelle befand, in der Richtung von Marbach nach Marburg ein Automobil und liess, als es sich in der Tiefe des Tals ungefähr zwischen mir und dem jenseitigen Abhang des Schlossberges befand, seine Hupe ertönen. Das Echo kam mit einer deutlichen Tonerhöhung, die aber doch noch nicht einen kleinen halben Ton erreichte, zurück. Man kann in der Tat durch einen Ueberschlagberechnen, dass eine solche Tonerhöhung schon bei den innerhalb der Ortsbezirke erlaubten Automobilgeschwindigkeiten eintreten muss.

Die Formel für die Tonerhöhung bei Annäherung der Schallquelle kann man folgendermassen einfach ableiten. Der Abstand zweier aufeinander folgender Verdichtungen oder die Wellenlänge bei ruhender Schallquelle werde mit  $\lambda_r$  bezeichnet; nähert sich die Schallquelle dem Ohr während der Zeit zwischen 2 Verdichtungen um die Länge  $x$ , so folgt die zweite Verdichtung auf die erste mit einem kürzeren Abstände, gleich der Wellenlänge  $\lambda_n$  des durch die Näherung erhöhten Tones. Diese Ueberlegung formuliert gibt:  $\lambda_n = \lambda_r - x$ . Wenn nun weiter die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles mit  $c$  bezeichnet wird, die Näherungsgeschwindigkeit der Tonquelle mit  $v$ , die Schwingungsdauer, mit der die Schallwellen bei ruhender Schallquelle ins Ohr gelangen, mit  $\tau_r$ , dieselbe bei Näherung mit  $\tau_n$ , so ist

$$\lambda_n = c \cdot \tau_n$$

$$\lambda_r = c \cdot \tau_r$$

$$x = v \cdot \tau_r$$

Hieraus folgt:  $c \cdot \tau_n = (c - v) \tau_r$ . Werden statt der Schwingungsdauern die entsprechenden Schwingungszahlen bei ruhender Schallquelle  $\nu_r$ , bei sich nähernder Schallquelle  $\nu_n$  eingeführt, so ist  $\tau_r = \frac{1}{\nu_r}$ ,  $\tau_n = \frac{1}{\nu_n}$  und also  $(c - v) \nu_n =$

$$c \cdot \nu_r, \text{ oder } \frac{\nu_n}{\nu_r} = \frac{c}{c - v}.$$

Die zulässige Automobilgeschwindigkeit an der betreffenden Stelle war 15 km pro Stunde oder 4,2 m pro Sekunde. Unter Zugrundelegung dieser Geschwindigkeit und der Berücksichtigung, dass in dem von mir beobachteten Falle der direkt gehörte Ton erniedrigt und das Echo erhöht erscheinen musste, also die Bewegung der Schallquelle eine doppelte Tondifferenz zur Folge hat, ergibt die Berechnung in der Tat eine Tondifferenz von etwa  $\frac{2}{3}$  eines kleinen halben Tones.

Herr F. A. Schulze hielt den Vortrag:

**Zur Resonanztheorie des Hörens.  
Phasenwechseltöne; Pfaundersche Töne; Bewegungstöne.**

Vor einiger Zeit hat Herr L. Hermann <sup>1)</sup> eine Reihe von Einwänden gegen die Resonanztheorie des Hörens veröffentlicht, die zunächst in der Tat geeignet erscheinen, die Ohm'sche Theorie des Hörens, wonach das Ohr nur rein sinusförmige Luftbewegungen als einfachen Ton empfindet und zu deren Erklärung Helmholtz seine physikalisch so ausserordentlich befriedigende Resonanztheorie des Hörens aufgestellt hat, zu widerlegen und dafür die alte Seebeck'sche Theorie des Hörens als richtig zu erweisen, wonach das Ohr jede beliebige Art von Periodik als Ton entsprechender Schwingungszahl empfindet.

Bei der für die Theorie des Hörens fundamentalen Wichtigkeit dieser Frage möchte ich in folgendem kurz einige Ueberlegungen und Versuche mitteilen, aus denen, wie mir scheint, hervorgeht, dass ein grosser Teil der von L. Hermann zu gunsten der „Periodiktheorie“ — so möchte ich die Seebeck'sche Hypothese kurz bezeichnen — angeführten Tatsachen und Schlüsse nicht nur für die Periodiktheorie nicht beweisend sind, sondern im Gegenteil geradezu neue Stützen für die Ohm'sche Hörtheorie und damit der sonst so ausgezeichnet sich bewährenden Helmholtz'schen Resonanztheorie bilden.

Leider sind aus äusseren Gründen die Versuche noch nicht ganz zu Ende geführt; nach ihrer Beendigung soll eine ausführliche Mitteilung erfolgen.

---

1) L. Hermann, Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie, 146. p. 249. 1912.

### 1. Unterbrechungstöne.

Zu den von L. Hermann mitgeteilten Versuchen und Ueberlegungen über Variationstöne, die den überwiegenden Teil seiner Abhandlung ausmachen, möchte ich vorläufig nur einige wenige Bemerkungen machen, da die betr. Versuche noch nicht abgeschlossen sind.

Eines der Hauptargumente gegen die von mir<sup>1)</sup> gegebene auf der Ohm'schen Theorie des Hörens basierende Theorie der Unterbrechungsklänge, wie sie von Helmholtz bereits für sinusartige Amplitudenschwankung aufgestellt ist, sieht L. Hermann darin, dass nach seinen Versuchen, die in sinnreichen Anordnungen auf mannigfache Weise angestellt waren, ein Unterbrechungston nur gehört wird, wenn die Zahl der Unterbrechungen kleiner ist, als die Schwingungszahl des intermittierenden Tones, nicht jedoch im umgekehrten Fall, was mit der Resonanztheorie nicht vereinbar wäre. Dem gegenüber sei hervorgehoben, dass K. L. Schaefer und O. Abraham<sup>2)</sup> mehrfach bei ihren Versuchen das Auftreten von Variationstönen in der von der Theorie geforderten Höhe auch in dem Fall fanden, dass die Unterbrechungszahl grösser war als die Schwingungszahl des unterbrochenen Tones. Ueber spezielle Versuche, die ich hierüber mit Erfolg angestellt habe, soll demnächst berichtet werden.

Als zweiten Punkt möchte ich noch folgendes hervorheben. L. Hermann meint, es sei kein besonderes Gewicht auf die von K. L. Schaefer betonte Tatsache zu legen, dass die bei Tonintensitätsvariation gehörten sog. Unterbrechungstöne, die nach der Resonanztheorie im allgemeinen nicht objektiv sind, sondern nur Differenztöne eines der ersten Variationstöne mit dem Hauptton, ganz den Charakter von Differenztönen schon insofern haben, als sie genau wie diese, in eigentümlicher Weise im Hinterkopf lokalisiert sind.

---

1) F. A. Schulze, Ann. d. Phys. 26. p. 217. 1908.

2) K. L. Schaefer und O. Abraham, Ann. d. Phys. 13. 996. 1904.

Mir scheint gerade diese Tatsache, wenn auch natürlich nicht streng beweisend, so doch eine ganz wesentliche Stütze für die Resonanztheorie zu sein. Es ist in der Tat überraschend, wie sehr die eigentlichen Unterbrechungstöne (nicht die Variationstöne) in ihrem ganzen Charakter den Differenztönen gleichen.

Ich habe folgende einfache Anordnung benutzt.

Eine Stimmgabel auf Resonanzkasten wird angestrichen und die Oeffnung des Resonanzkastens dicht vor eine rotierende Scheibe gehalten, die mit Löchern versehen ist, deren Grösse gleich derjenigen der Resonanzkastenöffnung ist; der Abstand der Löcher ist gleich ihrer Breite. Man hört dann ganz ausgezeichnet den Stimmgabelton und die ersten beiden Variationstöne. Daneben hört man noch schwach den Unterbrechungston, und zwar in der für Differenztöne charakteristischen Lokalisation im Hinterkopf und, was ebenfalls für Differenztöne so überaus typisch ist, in um so stärkerer Intensität, je höher der Stimmgabelton ist.

L. Hermann meint nun allerdings, damit, dass der Unterbrechungston als Differenzton erklärt werde, sei seine Erklärung auf ein nicht minder noch erklärungsbedürftiges Gebiet verlegt. Es scheint mir aber, dass die „Periodiktheorie“ der Differenztöne, nämlich ihre Entstehung aus den Schwebungen, heutzutage wohl nicht mehr aufrecht erhalten wird, und auch hier die Resonanztheorie siegreich geblieben ist, seit es Helmholtz gelungen ist, die Differenztöne auf ihrer Grundlage zu erklären. Die neueren Modifikationen dieser Theorie durch Cl. Schaefer<sup>1)</sup> und mich<sup>2)</sup> geben ja wohl begründete Hoffnung, gewisse Schwierigkeiten des Helmholtz'schen Ansatzes zu beheben. (Anm. bei der Korrektur: Zu den von L. Hermann erhobenen Bedenken, siehe Cl. Schaefer und E. Juretzka, Ann. d. Phys. 41 p. 589, 1913.) Namentlich

---

1) Cl. Schaefer, Ann. d. Phys. 33. p. 1216. 1910.

2) F. A. Schulze, Ann. d. Phys. 34. p. 817. 1911.

sei darauf hingewiesen, dass der Ansatz von Cl. Schaefer das Anwachsen der Intensität der Differenztöne mit der Schwingungszahl der Primärtöne, das auch bei den oben erwähnten Versuchen stets gefunden wurde, erklärt, was aus dem Helmholtz'schen Ansatz nicht folgt. Es scheint nur noch eine Frage kurzer Zeit zu sein, dass eine vollkommen befriedigende Erklärung der Kombinationstöne unter Festhaltung des Helmholtz'schen Grundgedankens, gegeben sein wird. Ferner kommt es m. E. für vorliegenden Fall nicht auf die spezielle Erklärung der Entstehung der Differenztöne an, sondern nur auf die Tatsache ihres Bestehens, die doch zweifellos ist.

## 2. Phasenwechseltöne.

Als einen weiteren Beweis für die „Periodiktheorie“ und Gegenbeweis gegen die Resonanztheorie des Hörens führt L. Hermann die sog. Phasenwechseltöne an. Lässt man einen im übrigen gleichmässig verlaufenden Ton periodisch in gleichen Zeitintervallen plötzlich die Phase wechseln, so soll hierbei ein Ton entstehen, dessen Schwingungszahl gleich der Anzahl der Phasenwechsel pro sec ist, ganz analog dem „Unterbrechungston“. Hermann prüfte dies, indem er Zahnradformen passend schnitt, etwa derart, dass periodisch nach einer gewissen Anzahl von Zähnen ein Zahn von doppelter Breite, oder eine Lücke von doppelter Breite folgte. Aus dem Auftreten des entsprechenden Tones ist nun aber bei diesen Versuchen keineswegs auf die Richtigkeit der „Periodiktheorie“ zu schliessen; bei der geschilderten Anordnung ist nämlich die Grundperiode des ganzen nach der Zeit periodischen Vorganges gleich der Zeit, die zwischen zwei benachbarten Phasenwechseln verstreicht. Nach der Resonanztheorie muss also dieser entsprechende Ton, der in diesem Fall dem „Phasenwechselton“ der Periodiktheorie in Höhe gleich ist, sowie die harmonischen Obertöne gehört werden; unter letzteren ist natürlich der dem Zahnabstand

entsprechende besonders stark. Die Sachlage ist hier ganz analog, wie bei Herstellung von „Unterbrechungstönen“ durch periodisches Verstopfen von Löchern an einer Lochsirene.<sup>1)</sup>

Eine Entscheidung zwischen beiden Theorien kann, analog wie bei den „Unterbrechungstönen“ nur geliefert werden, wenn die Schwingungszahl des Haupttones nicht ein ganzzahliges Vielfaches der Phasenwechsel ist. Die „Periodiktheorie“ würde auch in diesem Fall einen „Phasenwechselton“ verlangen, dessen Schwingungszahl gleich der Zahl der Phasenwechsel ist.

Ganz andere Töne sind im allgemeinen nach der Resonanztheorie zu erwarten.

Es möge ein Ton von der Schwingungszahl  $p$ , der Amplitude  $A$  und der Phase  $\delta_1$  eine Zeit von  $t_1$  sec bestehen in der Form  $A \cos(2\pi pt + \delta_1)$ , nach Ablauf dieser Zeit Amplitude und Phase plötzlich in  $B$  und  $\delta_2$  ändern und sie  $t_2$  Sekunden lang behalten, nach Ablauf dieser Zeit wieder plötzlich in die frühere Amplitude und Phase zurückkehren, sie  $t_1$  sec lang beibehalten, usw. Es sei  $t_1 + t_2 = \tau = \frac{1}{u}$ , wo also  $u$  angibt, wie oft pro sec jeder Ton einer Phase unterbrochen wird. Ferner sei  $t_1 = \beta\tau$ , also  $t_2 = (1 - \beta)\tau$ , wo  $0 < \beta < 1$ .

Die ganze Luftbewegung ist also einfach die Superposition der beiden Unterbrechungsklänge der beiden Töne  $A \cdot \cos(2\pi pt + \delta_1)$  und  $B \cos(2\pi pt + \delta_2)$ .

Nach den von mir<sup>2)</sup> für einfache Unterbrechungstöne angegebenen Formeln ist also die Amplitude des ersten Tones

$$J_1 = A\left(\beta + \frac{2}{\pi} \sin \pi\beta \cos 2\pi ut + \frac{2}{2\pi} \sin 2\pi\beta \cos 2\pi ut + \dots\right)$$

wobei  $t = 0$  in die Mitte eines Tondurchganges gesetzt ist.

1) Siehe hierzu besonders auch die Versuche von K. L. Schaefer und O. Abraham, Archiv f. d. ges. Physiologie, 85. p. 536. 1901.

2) F. A. Schulze, Ann. d. Phys. 26. p. 217. 1908.

Die Amplitude des zweiten Tones ist dann offenbar

$$J_2 = \frac{B}{A}(A - J_1) = B - \frac{B}{A}J_1 \text{ und die ganze Luftbewegung}$$

$$L = J_1 \cos(2p \pi t + \delta_1) + (B - \frac{B}{A}) J_1 \cos(2\pi p t + \delta_2) =$$

$$A \left\{ \beta \cos(2\pi p t + \delta_1) + \frac{1}{\pi} \sin 1 \cdot \pi \beta \left[ \cos\{2\pi t(p-u) + \delta_1\} + \cos\{2\pi t(p+u) + \delta_1\} \right] \right.$$

$$+ \frac{1}{2\pi} \sin 2\pi \beta \left[ \cos\{2\pi t(p-2u) + \delta_1\} + \cos\{2\pi t(p+2u) + \delta_1\} \right]$$

$$+ \dots \left. \right\}$$

$$+ B(1-\beta) \cos(2\pi p t + \delta_2) - B \left\{ \frac{1}{\pi} \sin 1 \cdot \pi \beta \left[ \cos\{2\pi t(p-u) + \delta_2\} + \cos\{2\pi t(p+u) + \delta_2\} \right] \right.$$

$$+ \frac{1}{2\pi} \sin 2\pi \beta \left[ \cos\{2\pi t(p-2u) + \delta_2\} + \cos\{2\pi t(p+2u) + \delta_2\} \right]$$

$$+ \dots \left. \right\}$$

Es entstehen also, ganz wie bei den Unterbrechungsklängen, die objektiven Töne

$$\begin{array}{ccc} p, & p-u, & p+u, \\ & p-2u, & p+2u, \\ & : & : \end{array}$$

und diese Töne werden nach der Resonanztheorie gehört.

Ein Ton von der Phasenwechselzahl  $u$  wird im allgemeinen nicht gehört, sondern nur ausnahmsweise, wenn  $p$  ein ganzes Vielfaches von  $u$  ist, wie es bei den Versuchen von L. Hermann der Fall war. Wohl aber kann  $u$  wie bei den Unterbrechungsklängen als subjektiver Differenzton  $u$  gehört werden.

Von besonderem Interesse sind einige Spezialfälle. Für  $B=0$  resultieren die Variationstöne. Für  $A=B$ ,  $\delta_1 - \delta_2 = \pi$ ,  $\beta = \frac{1}{2}$  verschwinden die Töne  $p, p+2u, p+4u \dots$  und es bleiben nur die Töne  $p \pm u, p \pm 3u \dots$

Es lässt sich leicht zeigen, dass das Verschwinden des Tones  $p$  im Falle  $\delta_1 - \delta_2 = \pi, \beta = \frac{1}{2}$  nicht nur für  $A = B$  eintritt, sondern bei einem einzigen Ton, wenn die Amplitude irgend eine ungerade Funktion inbezug auf die Mitte einer Periode ist.

Dies ist z. B. der Fall in dem bekannten Versuch mit einer vor einem Resonator rotierenden Stimmgabel, wobei, wie bekannt, die Töne  $p - u$  und  $p + u$ , aber nicht  $p$  auftreten, wie es die Resonanztheorie verlangt. Die Amplitude des Tones  $p$  schwankt hierbei annähernd sinusförmig. Man kann mit grosser Annäherung den obigen Fall des plötzlichen Phasenwechsels  $\pi$  bei gleichbleibender Amplitude realisieren, indem man zu beiden Seiten einer Stimmgabelzinke oder einer schwingenden Feder je einen abgestimmten Resonator und dazwischen je eine rotierende Scheibe mit einer Anzahl der Peripherie parallelen Schlitze bringt; die beiden auf dieselbe Axe gesetzten Scheiben sind so gegeneinander versetzt, dass die eine den Tondurchgang gestattet, wenn die andere ihn verwehrt. Man hört in diesem Fall wieder die Töne  $p - u$  und  $p + u$ , nicht aber  $u$ , oder nur als Differenzton; objektiv ist er, wie mit Resonatoren festgestellt, im allgemeinen nicht vorhanden.

Ueber genauere Versuche, bei denen mit Hülfe eines Verzweigungsrohres ähnlich dem Quincke'schen Interferenzdoppelrohres der Phasendifferenz beliebige Werte gegeben wurden, soll demnächst an anderer Stelle berichtet werden.

#### Pfaundersche Töne.

Als besonders beweisend für die „Periodiktheorie“ sieht L. Hermann (l. c.) die sog. „Pfaunderschen“ Töne an. Wird eine Lochscheibe mit ganz unregelmässig verteilten Löchern von zwei Röhren angeblasen, so soll man hiernach den dem jeweiligen Abstand der Röhren entsprechenden Ton hören, der mit Zunahme des Abstandes kontinuierlich sinkt. Dies

Verhalten wäre in der Tat mit der Resonanztheorie unvereinbar.

Nach dieser können, wie leicht einzusehen, wie beim Anblasen mit einem Rohr, auch beim Anblasen mit zwei Röhren nur der der Umdrehungszeit  $T$  entsprechende Ton von der Schwingungszahl  $\frac{1}{T}$  sowie seine harmonischen Ober-töne gehört werden, die auch objektiv vorhanden sein müssen. Jedoch werden die Intensitäten der einzelnen Partialtöne sich mit dem Abstand der beiden Anblaseröhren ändern. Sie lassen sich folgendermassen berechnen.

Die  $n$  Löcher seien rechteckig von der Breite  $\delta$ . Die Amplitude der durchgehenden Luftbewegung sei 1.  $t_1, t_2 \dots t_n$ , seien die Zeiten, zu denen von dem einen Rohr Luftstösse durch die Löcher dringen; für das andere Rohr sind dann die entsprechenden Zeiten  $t_1 + \alpha, t_2 + \alpha, \dots t_n + \alpha$ , wo  $\alpha$  vom Rohrabstand abhängt.  $T$  sei die Periode. Die allgemeine Zerlegung in die Fouriersche Reihe ist

$$f(t) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \sin \left( \frac{k \cdot 2\pi t}{T} + \delta_k \right),$$

$$\text{wobei } A_0 = \frac{1}{2} a_0, A_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2} \text{ tg } \delta_k = \frac{a_k}{b_k}$$

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) dt, a_k = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos \frac{2\pi t}{T} dt, b_k = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin \frac{2\pi t}{T} dt$$

Nach unserer Annahme:  $f(t) = 1$  an einem Loch,  $f(t)$  im übrigen  $= 0$ , sind für das eine, bez. zweite Anblaserohr ( ' bez. '' )

$$a'_k = \frac{2\delta}{T} \left( \cos \frac{k \cdot 2\pi t_1}{T} + \cos \frac{k \cdot 2\pi t_2}{T} + \dots + \cos \frac{k \cdot 2\pi t_n}{T} \right)$$

$$b'_k = \frac{2\delta}{T} \left( \sin \frac{k \cdot 2\pi t_1}{T} + \sin \frac{k \cdot 2\pi t_2}{T} + \dots - \sin \frac{k \cdot 2\pi t_n}{T} \right)$$

$$a'' = \frac{2\delta}{T} \left( \cos \frac{k2\pi(t_1 + \alpha)}{T} + \dots + \cos \frac{k2\pi(t_n + \alpha)}{T} \right)$$

$$= \cos \frac{2\pi k\alpha}{T} a'_k - \sin \frac{2\pi k\alpha}{T} b'_k$$

$$b''_k = \frac{2\delta}{T} \left( \sin \frac{k2\pi(t_1 + \alpha)}{T} + \dots + \sin \frac{k2\pi(t_n + \alpha)}{T} \right)$$

$$= \cos \frac{2\pi k\alpha}{T} b'_k + \sin \frac{2\pi k\alpha}{T} a'_k$$

Beim Zusammenwirken beider Röhren ist:  $a_k = a'_k + a''_k$   
und  $b_k = b'_k + b''_k$ . Die Intensität des  $k$ -ten Tones ist:

$$J_k = A_k^2 = a_k^2 + b_k^2 = a_k'^2 + b_k'^2 + a_k''^2 + b_k''^2 + 2(a'_k a''_k + b'_k b''_k).$$

Da nun, wie leicht zu verifizieren und auch von vornherein  
selbstverständlich,  $A_k^2 = a_k'^2 + b_k'^2 = A_k'^2 = a_k''^2 + b_k''^2$ , so ist

$$\begin{aligned} A_k^2 = J_k &= 2J'_k + 2(a'_k a''_k + b'_k b''_k) = 2J_{1k} + 2 \cos \frac{2\pi k\alpha}{T} (a_k'^2 + b_k'^2) \\ &= J'_k + \cos \frac{2\pi k\alpha}{T} J'_k, \text{ also } J_k = 4 \cos^2 \frac{k\pi\alpha}{T} J'_k \end{aligned}$$

$J'_k$  hängt natürlich von der gegebenen Anordnung der  
Löcher ab. Die Veränderung dieser normalen „Einrohr“-  
intensität des  $k$ -ten Partialtones beim Anblasen mit zwei  
Röhren hängt also ganz von  $\frac{\alpha}{T}$  ab, d. h. dem Verhältnis des  
Rohrabstandes zur ganzen Periode. Die grösste Ver-  
stärkung des  $k$ -ten Partialtones tritt ein für  $\alpha = \frac{T}{k}$ , also für  
einen Ton, der übereinstimmt mit demjenigen Ton, der nach  
der Periodiktheorie zu erwarten wäre, oder ihm wenigstens  
nahe liegt; weiter davon abliegende Töne werden dagegen  
stark geschwächt. Variiert man  $\alpha$ , indem man die eine  
Röhre an seiner Stelle lässt, die andere längs des Kreises  
hin und her bewegt, so werden immer andere und andere

Partialtöne des Klanges besonders verstärkt, bei Entfernung von dem festen Rohr von diesem aus beginnend allmählich immer tiefere, und zwar wie eben gesagt, diejenigen Partialtöne, die denen nach der Periodiktheorie zu erwartenden entsprechen oder ihm naheliegen. Es ist psychologisch also sehr plausibel, dass hierbei das Ohr gerade auf diese besonders starken allmählich in der Tonhöhe sich ändernden Partialtöne besonders achtet, ebenso wie z. B. Differenztöne, die leicht der Aufmerksamkeit entgehen, leicht bemerkt, apperzipiert werden, sowie ihre Tonhöhe variiert wird, etwa durch Variation des einen Primärtons.

Im wesentlichen wird also bei diesem Versuch nach der Resonanztheorie das Ohr neben einem unbestimmten Geräusch den Eindruck eines allmählich in seiner Höhe sinkenden Tones haben; ebenso wie es die „Periodiktheorie“ erfordert unter Hinzunahme der Tatsache, dass 2 Impulse zur Erkennung der Tonhöhe genügen. Der Unterschied liegt aber darin, dass nach der Resonanztheorie immer nur bestimmte, distinkte, Töne, der Grundton und seine harmonischen Obertöne, und zwar sowohl objektiv wie subjektiv vorhanden sind, während die Tonhöhe nach der Periodiktheorie ganz stetig abnimmt, ausserdem der Ton nur subjektiv besteht.

Die daraufhin von mir angestellten Versuche, die an anderer Stelle ausführlich beschrieben werden sollen, haben die Folgerungen der Resonanztheorie bestätigt. Es lassen sich also die Pfaunderschen Töne nicht als Beweis für die Periodiktheorie gegen die Resonanztheorie verwenden.

### Bewegungstöne.

Nachdem gezeigt ist, dass periodische Aenderungen von einem von zwei Bestimmungsstücken eines Tones, nämlich der Amplitude und der Phase, Klangerscheinungen liefern, die vollkommen mit der Resonanztheorie des Hörens übereinstimmen, sei noch kurz der Einfluss einer periodischen

Aenderung des dritten und letzten Bestimmungsstückes eines Tones, nämlich der Schwingungszahl  $n$  besprochen. Eine solche kann z. B. erreicht werden mit Hülfe des Dopplerschen Prinzipes, indem die Tonquelle in periodischer Folge zum Beobachter hin und von ihm weg bewegt wird, indem etwa eine tönende Pfeife an die Zinke einer tönenden Stimmgabel befestigt wird. Nach der Resonanztheorie des Hörens ist hierbei folgendes zu erwarten. Es treten wieder, wie bei Variationen der Amplitude oder der Phase objektiv die Töne  $n$ ,  $n \mp u$ ,  $n \pm 2u \dots$  auf, wo  $u$  die Anzahl der Hin- und Hergänge in 1 Sekunde ist. Nach ihrer Entstehungsart könnte man sie „Bewegungstöne“ nennen. Jedoch ist in dem allein realisierbarem Fall, dass die Exkursion des Hin- und Herganges klein gegen die Wellenlänge des Tones ist, die Intensität des der Töne  $n \mp a u$  sehr klein gegen diejenige des Tones  $n$ , sodass dieser allein gehört wird. Der Versuch bestätigt diese Folgerung der Resonanztheorie.

Ausführliche Angaben hierüber sollen an anderer Stelle mitgeteilt werden.

---

Weiter hielt Herr F. A. Schulze den Vortrag:

### **Fluoreszenzerregung durch Kathodenstrahlen und Quantenhypothese.**

In interessanten Abhandlungen haben kürzlich J. Stark und G. Wendt<sup>1)</sup> gezeigt, dass an festen Metallverbindungen sowohl für die Serienemission als auch für die Bandenemission durch auftreffende Kanalstrahlen Schwellenwerte der erregenden Energie existieren, unterhalb deren die Emission der Serien bzw. der Banden nicht eintritt.

Sie sehen wohl mit Recht in dieser Tatsache „eine neue Bestätigung der Planckschen Hypothese, dass an elementaren Oscillatoren Licht nur in Beträgen grösser als bestimmte Quanten emittiert werden kann. Sie ist analog der Tatsache, dass die Kanalstrahlionen selber an sich nur oberhalb eines Schwellenwertes ihrer kinetischen Energie bewegte Intensität durch Stoss emittieren können.“ Die Schwellenwerte dieser Energie, in der üblichen Weise in Volt gemessen, ist bei verschiedenen Metallverbindungen verschieden. Für die Serienemission wurden Werte zwischen 600 Volt (für Lithium) und  $> 4500$  Volt (Thallium, Aluminium, Zink) gefunden, für die Fluoreszenzbandenemission Werte zwischen 500 Volt ( $\text{SrCl}_2$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{CsCl}$ .) und 1100 Volt ( $\text{NaCl}$ ).

Es ist in dieser Beziehung von Interesse, dass auch über die Phosphoreszenzwirkung durch Kathodenstrahlen Beobachtungen vorliegen, die einen Schwellenwert dieser Wirkung ergeben haben, und eine quantitative Prüfung der

---

1) J. Stark und G. Wendt, Ann. d. Phys. 38, 669 und 690; 1912. Siehe dort (pag. 692 ff.) die nähere Präzisierung für den Ausdruck „Schwellenwert der kinetischen Energie für Bandenfluoreszenz“.

Quantenhypothese ermöglichen. Es sind dies von P. Lenard <sup>1)</sup> im Jahre 1903 veröffentlichte Messungen über die Intensität der Phosphoreszenzwirkung von Kathodenstrahlen. Lenard fand, dass die Phosphoreszenzhelligkeit  $H$  auf dem Phosphoreszenzschirme proportional der Dichte  $Q$  der Kathodenstrahlen, sowie der um eine der betr. Leuchtsubstanz eigentümliche Voltzahl  $v_0$  verminderte Geschwindigkeit  $v$  der Kathodenstrahlen, ausgedrückt in Volt, ist:

$$H = \frac{1}{c} Q \cdot (v - v_0)$$

Es besteht also auch für die Phosphoreszenzwirkung der Kathodenstrahlen ein Schwellenwert  $v_0$  der kinetischen Energie. Die Grössenordnung dieses Schwellenwertes ist dieselbe, wie bei der Serienemission und Fluoreszenzbandenemission durch Kanalstrahlen. Er liegt zwischen 300 Volt (für CaS, Bi, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) und ca. 6000 Volt (für Thüringerglas).

Dieser Schwellenwert der kinetischen Energie liegt stets oberhalb des von der Quantenhypothese geforderten Minimums. Die kinetische Energie ist  $e \frac{v}{300}$ , wo  $e$  das Elementarquantum  $= 4,7 \cdot 10^{-10}$ ,  $v$  die Geschwindigkeit in Volt ist. Andererseits ist das erforderliche Minimum der kinetischen Energie nach der Quantentheorie  $= h \nu$ , wo  $h = 6,55 \cdot 10^{-27}$ ,  $\nu$  die Frequenz des erregten Lichtes ist. Für CaS, Bi, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ist  $\lambda_{max} = 455 \cdot 10^{-6} mm$ ,  $\nu = 66 \cdot 10^{13}$ . Demnach berechnet sich die erforderliche minimale Geschwindigkeit  $v'$  als

$$v' = \frac{300 \cdot 6,55 \cdot 10^{-27} \cdot 66 \cdot 10^{13}}{4,7 \cdot 10^{-10}} \approx 2,8 \text{ Volt.}$$

Die tatsächliche Energie ist also stets beträchtlich grösser als die nach der Quantenhypothese erforderliche Minimalenergie.

---

1) P. Lenard, Ann. d. Phys. 12. 462. 1903.

Sehr merkwürdig sind die Vorgänge, die Lenard für Geschwindigkeiten unterhalb des Schwellenwertes  $v_0$  fand. Für solche bleibt zunächst der Phosphoreszenzschirm dunkel; allmählich tritt ein Phosphoreszenzfleck hervor, dessen Helligkeit bis zu einem (geringen) Maximum anwächst. Dieses ist um so geringer und die Verspätung seines Erscheinens um so grösser, je tiefer  $v$  unter  $v_0$  liegt. Bei  $v = 10$  Volt war der Phosphoreszenzfleck eben noch nicht sichtbar und es vergingen 10 Sek. bis zu seinem vollen Erscheinen; bei  $v = 6$  Volt war auch nach 30 Sek. nichts zu sehen (trotz reichlicher Strahldichte).

Auch für diese Erscheinung bleibt der Schwellenwert also noch über dem nach der Quantenhypothese geforderten Minimalwert.

---

In der Wahlsitzung wurde Herr Oberlehrer Dr. Brand zum ausserordentlichen Mitglied gewählt.

---

**Aufgelegte Schriften:**

- Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde. Jahrgang 64.  
Wiesbaden 1911.
- Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt. Nr. 12, 13, 14, 15.  
Wien 1911.
- Atti della Reale Accademia dei Lincei, 1911, Serie Quinta, Volume  
XX. Fascicola 12. Roma 1911.
- The American Naturalist. Vol. XLV, Nr. 541, Vol. XLVI, Nr. 542.  
New York 1912.
- Bulletin of the New York. Volume XVI, Nr. 1. New York 1912.
- Alfabetiskt Register till Entomologisk Tidskrift Arg. 11—30. 1890—1909.  
Upsala 1911.
- Entomologisk Tidskrift. Arg. 32, Heft 1—2, 3—4. Upsala 1911.
- Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica 35. Helsingfors 1909  
bis 1911.
- Meddelanden af Societas pro Fauna et Flora Fennica. Helsingfors  
1911. 36, 37.
- Bulletin de L'Academie Imperiale des Sciences de St. Petersbourg.  
VI. Ser. St. Petersbourg 1912.
- Astronomische Korrespondenz für Monat Januar 1912 mit der Beilage  
Wissenschaft und Technik. VI. Jahrgang 1911. Hamburg 1911.
- Abhandlungen von der Senckenbergischen Gesellschaft. 34. Bd. Heft  
1, 2. 33. Bd. Heft 4. 29. Bd. Heft 4. Frankfurt a. M. 1911.
42. Bericht der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft in  
Frankfurt a. M. Heft 1, 2, 3, 4, Frankfurt a. M. 1911.
- Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences. Vol. 47.  
Nr. 8, 9. Harvard 1911.
- Analyses of Stone Meteorites Geological. Vol. III. Nr. 9. Chicago 1911.
- Annali della Facolta di Medicina. Serie IV. Vol. 1. Perugia 1911.
- Travaux de la Société Imperiale des Naturalistes de St. Petersbourg.  
Section de Zoologie et Physiologie. Vol. XI. Livr. 3. St. Peters-  
bourg 1911.
- Travaux de la Société Imperiale des Naturalistes de St. Petersbourg.  
Vol. XLII. Livr. 1. St. Petersbourg 1911.
- Atti della Reale Accademia dei Lincei. 1912. Volume XXI. Fascicolo 1.  
Roma 1912.
- Dr. Ludwig v. Ammon: Schildkröten aus dem Regensburger Braun-  
kohlenlon. Regensburg 1911.
-

# Sitzungsberichte

der

## Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

---

---

Nr. 2

März

1913

---

---

In der Sitzung vom 5. März sprachen zunächst A. Lohmann und Eduard Müller:

### Ueber die Wirkung des Nervus vagus auf die Bronchialmuskulatur.

An der Innervation der Lungen beteiligen sich zwei Nerven, der Vagus und der Sympathicus. Der erstere soll neben sensiblen Lungenfasern auch zentrifugale enthalten, die motorische Impulse zu der Bronchialmuskulatur senden. Diese motorischen Fasern sollen sich in zwei Gruppen teilen: in bronchoconstrictorische und in bronchodilatatorische. Die Existenz der bronchoconstrictorischen Fasern wird von der Mehrzahl der Autoren anerkannt, das Vorhandensein der dilatatorischen jedoch fast allgemein bezweifelt.

Der experimentelle Nachweis solcher zentrifugalen Lungenfasern kann durch künstliche Reizung des Nervus vagus und durch Feststellung des reaktiven motorischen Ausschlags an der Bronchialmuskulatur erbracht werden.

Die Erkennung des Reizeffektes ist auf doppelte Weise möglich: direkt durch Besichtigung von Bronchiolen im Moment der Vagusreizung, z. B. auf einem frischen Lungenquerschnitt und indirekt durch die Rückwirkung aller Form-

veränderungen der Bronchien auf den im Bronchialbaum herrschenden Druck oder auf damit verbundenen Volumschwankungen der Lunge selbst. Die meisten Autoren haben zur Feststellung des motorischen Ausschlags die Veränderungen des intrapulmonären Drucks benützt, die sich an einer an der Luftröhre angebrachten Messvorrichtung ergeben.

Es ist nun seit Dezennien bekannt, dass Vagusreizungen imstande sind, den in der Luftröhre herrschenden Druck zu steigern. Die Schlussfolgerung aber, dass diese Druckerhöhung auf einer Zusammenziehung der Bronchialmuskulatur beruhen muss, begegnet noch immer Bedenken; das gleichzeitige Verhalten des gesamten im Onkometer gemessenen Lungenvolumens ist sogar durchaus strittig. Der Befund von Brodie-Dixon, dass die Vagusreizung zur Verkleinerung des gesamten Lungenvolumens führt, wurde z. B. von Marc-Callum nicht bestätigt und Sihle meint, dass die Atemdrucksteigerung durch Vagusreizung weniger auf Kontraktion der Bronchiolen, als auf stärkere Blutfülle der Lungengefäße zu beziehen sei.

Die sichere Deutung der Atemdrucksteigerung und der Lungenvolumenschwankungen nach Vagusreizungen wird in der Tat durch eine ganze Reihe, z. T. verborgener Fehlerquellen gefährdet. Am leichtesten lässt sich die störende Rückwirkung der willkürlichen Atemmuskulatur ausschalten. Es gelingt dies durch totales curaresieren. Weitere Versuchsfehler können darin liegen, dass der Nervus vagus nicht nur die Lungen, sondern auch Herz, Magen und Speiseröhre versorgt. Vagusreizung ändert zunächst die Herztätigkeit und dadurch die Zirkulation. So könnten sich Blutfülle der Lunge und damit auch Atemdruck und Lungenvolumen ändern.

Ausgesprochene pulsatorische Bewegungen des Bronchialbaums lassen sich durch die Spiegeluntersuchung mit Hilfe

des Bronchoskops am Menschen direkt beobachten; sie kommen durch die unmittelbare Nachbarschaft schlagender Herzabschnitte und durch Pulsationen des auf dem linken Hauptbronchus reitenden Arcus aortae zustande.

Vagusreizung verursacht ferner Kontraktionen des Magens; dadurch könnte der Zwerchfellstand und indirekt wieder das Lungenvolumen beeinflusst werden. Vagusreizung führt endlich zu Kontraktionen der Speiseröhre. Die Speiseröhre liegt aber oben der häutigen Hinterwand der Luftröhre unmittelbar an.

Eine einwandfreie Ausschaltung dieser in der gleichzeitigen Vagusversorgung von Herz, Magen und Speiseröhre liegenden Fehlerquellen gelingt unseres Ermessens nur durch die gänzliche Entfernung dieser Organe. Herz und Bauchorgane lassen sich beim Versuchstier leicht und rasch herausnehmen. An der Speiseröhre hat man sich bisher begnügt, störende Muskelkontraktionen durch das Einführen eines passenden Glasstabes möglichst zu verhindern. Viel sicherer ist die Herausnahme auch dieses Organes. Wir haben die Speiseröhre von der anliegenden Trachea abpräpariert und am Halse, sowie am Mageneingang abgeschnitten. Sie lässt sich dann nach oben herausziehen.

Diese Vagusreizungen haben wir vor und nach Herausnahme der störenden Organe, also des Herzens, des Magendarmkanals und der Speiseröhre vorgenommen, auch schrittweise vorgehend dergestalt, dass wir den Nerven zunächst bei dem sonst intakten Tiere reizten, die Bauchorgane herausnahmen, wiederum reizten, das Herz entfernten, von neuem reizten usw. Schliesslich arbeiteten wir gewissermassen an einem überlebenden Vagus-Lungenpräparat. Die Druckmessungen an der Trachea erfolgte durch Marey'sche Kaspeln, später auch mit Hilfe der Frank'schen Spiegelvorrichtung, bei der man die schönsten Ausschläge erhält. Als Ver-

suchstiere dienten uns Kaninchen, Katzen und griechische Schildkröten. Bei Kaninchen und Katzen ist schnelles Arbeiten geboten; es verlieren sich sonst Erregbarkeit des Vagus und Kontraktionsfähigkeit der Bronchialmuskulatur. Schildkröten haben wir als Versuchstiere deshalb mitbenützt, weil sie bekanntlich ein sehr zähes Leben haben; ausserdem besitzen sie eine auffällig reich entwickelte glatte Lungenmuskulatur. Auch im bindegewebigen Stroma der Schildkröten liegen solche Muskelmassen, dass sie — wenigstens nach den Angaben in Bronn's „Klassen und Ordnungen des Tierreichs“ — gleichsam das Grundgewebe des Lungenparenchyms bilden. Jullien hat schon 1873 dieser mächtig entwickelten glatten Lungenmuskulatur der Schildkröte eine hohe Bedeutung für die Atmung und zwar für die Phase der Expiration beigelegt; er hat damit hinsichtlich der Schildkröte schon den Gedanken ausgesprochen, den wir selbst auf Grund unserer eigenen Untersuchungen an Säugetierlungen jetzt vertreten; wir meinen die Hypothese, dass die normale Ausatmung unter aktiver Mitwirkung der expiratorischen glatten Lungenmuskulatur, zustande kommt. Nach der anatomischen Anordnung der Bronchialmuskulatur muss ihre Kontraktion nicht nur zur Verengerung, sondern gleichzeitig auch zur Verkürzung des Bronchialbaums führen. Der frühere Medizinalpraktikant der medizinischen Poliklinik, Herr Huckert, hat, um eine bessere Grundlage für unsere Versuche mit der Bronchialmuskulatur zu schaffen, am hiesigen anatomischen Institut genauere Untersuchungen über die Anatomie der menschlichen Bronchialmuskulatur gemacht; er hat hierbei u. a. festgestellt, dass die übliche Anschauung von einer besonderen Längs- und Ringmuskulatur der intrapulmonären Bronchien keineswegs zutrifft. Es gibt hier keine geschlossenen Muskellagen wie beim Darm und weder eine reine Ring- noch Längsmuskulatur.

An den kleineren Bronchien handelt es sich um netzartig sich durchflechtende, gleichsam nach der Art der japanischen Schere funktionierende Muskelbalken, die vornehmlich schräg zur Längsachse des Bronchus verlaufen. Nähere Einzelheiten hierüber müssen wir uns für die Dissertation von Huckert vorbehalten.

Sowohl beim Kaninchen, wie bei der Schildkröte haben wir am überlebenden Vagus-Lungenpräparat, also unter einwandfreien Versuchsbedingungen in gleicher Weise wie vor der Herausnahme eines jeden der möglicherweise störenden Einzelorgane, also des Herzens, des Magen-Darmkanals und der Speiseröhre mit Sicherheit festgestellt, dass die elektrische Vagusreizung am peripheren Stumpf durch Kontraktion glatter Lungenskulatur eine deutliche, wenn auch geringfügige, Erhöhung des in der Luftröhre herrschenden Druckes hervorruft. Für diese Druckerhöhung ist im wesentlichen die Bronchialmuskulatur, nicht aber die Gefäßmuskulatur, verantwortlich. Reizungen des Sympathicus fanden wir bei Kaninchen völlig wirkungslos. Durch frühere Versuche konnten wir beweisen, dass eine elektrische Reizung der überlebenden und vollkommen ausgeschnittenen Lunge möglich ist und zu einer deutlichen Verkleinerung des Lungenvolumens führt. In gleicher Weise gehen Vagusreizungen durch Kontraktion der Bronchialmuskulatur mit einer Expirationsbewegung der Lunge einher (Höhertreten des Zwerchfells infolge der Verkleinerung des gesamten Lungenvolumens nach Vagusreizung; Messung des Zwerchfellstandes durch den Rosenthal'schen Hebel; vgl. Kurve Nr. 1). Anhaltspunkte für die Existenz broncho-dilatatorischer Fasern fanden wir hingegen nicht. Aktive Erweiterungen der intrapulmo-

nären Bronchien sind überhaupt bei der anatomischen Anordnung der Bronchialmuskulatur kaum denkbar. Die Dilatation, soweit sie auf die Bronchialmuskulatur zurückzuführen ist, kann nur die Folge einer Erschlaffung jener netzartig angeordneten Muskelbalken sein, die die Luft-röhrenäste verengern und gleichzeitig verkürzen.

Die Bronchokonstriktion, die auf Vagusreizung folgt, und die damit einhergehende Volumverkleinerung der Lunge beweist auch, dass für die jeweilige Grösse des Lungenvolumens auch die glatte Bronchialmuskulatur und damit auch die durch den Nervus vagus zur Lunge verlaufenden zentrifugalen Erregungen von Bedeutung sind. Natürlich müssen neben der Bronchialmuskulatur auch die in der Bronchialwand gelegenen elastischen Fasern expiratorisch wirksam sein <sup>1)</sup>.

Besonderheiten der auf Vagusreizungen folgenden Drucksteigerungen im Bronchialbaum liegen bei unseren Versuchen darin, dass hierzu starke elektrische Ströme erforderlich sind, und dass trotzdem der motorische Nutzeffekt geringfügig bleibt. Die Grösse des experimentell erreichbaren Ausschlags steht anscheinend im Missverhältnis zu den verfügbaren glatten Muskelmassen. Wir haben den Ausschlag wiederholt — auch bei der durch auffällig reiche Lungemuskulatur ausgezeichneten Schildkröte — geeicht. Bei der Schildkröte liess sich am überlebenden Vagus-Lungenpräparat ein gleich hoher Ausschlag an der Messvorrichtung schon durch Injektion von 0,1 ccm Luft in die Trachea erzielen! Es fragt sich nun, ob der durch elektrische Vagusreizung experimentell erreichbare motorische Ausschlag am Bronchialbaum dem Nutzeffekt vergleichbar ist, der im gesunden Organismus durch physiologische im Vagus absteigende

---

1) Vgl. Minkowski-Bittorf: Allgemeine Pathologie der Atmung in Krehl-Marchand's Handbuch der Allg. Path. Bd. II.

Impulse möglich ist. Wir kennen klinische grobe Unterschiede zwischen elektrischer und Willens- d. h. physiologischer Erregbarkeit eines Nerven, z. B. bei Facialislähmungen. Solche Unterschiede sind uns aber nur an krankhaft veränderten Nerven bekannt. Auch die Erklärung der Geringfügigkeit des Ausschlags durch Absterbeerscheinungen im überlebenden Vagus-Lungenpräparat ist nicht angängig. Der motorische Nutzeffekt der Vagusreizung ist vor Herausnahme der möglicherweise störenden Organe also Herz, Magen-Darmkanal und Speiseröhre, keineswegs grösser als kurz nachher.

Die Geringfügigkeit unseres experimentellen Ausschlags im überlebenden Vagus-Lungenpräparat scheint auch nicht daran zu liegen, dass zur Erzielung grösserer Nutzeffekte ein ganz bestimmter Dehnungszustand der Lunge erforderlich ist. Wir haben die Lungen in annähernd normaler Blähung, in nahezu völligem Kollaps und in tiefster Inspirationsstellung untersucht und keine grösseren Unterschiede gefunden.

Man kann sich höchstens darauf berufen, dass der Nutzeffekt einer doppelseitigen Vagusreizung grösser scheint als die Summe der einseitigen; aber auch dann bleibt das Missverhältnis zwischen verfügbarer Muskelkraft und motorischem Ausschlag nach elektrischer Vagusreizung bestehen.

Vermutlich beruht die Drucksteigung im Bronchialbaum vornehmlich auf einer Kontraktion der kleinen Bronchien, der sog. Bronchiolen. Gerade die kleineren Bronchien besitzen die relativ kräftigste Muskulatur. Die grösseren intrapulmonären Aeste sind durch unregelmässig verteilte Knorpelplättchen relativ versteift — Einlagerungen, die allmählich kleiner und spärlicher werden und sich erst in den Bronchien unter 1 mm Durchmesser ganz verlieren. Diese vorherrschende Bedeutung der an Muskulatur relativ reichsten und zu den stärksten aktiven Formveränderungen befähigten kleineren und kleinsten Bronchien macht auch das

naheliegende Studium der Bronchialmuskulatur mit Hilfe der direkten Spiegeluntersuchung, durch das sog. Bronchoskop wenig fruchtbar. Bei erwachsenen Menschen sieht man abgesehen von den schon erwähnten pulsatorischen Schwankungen des Bronchialbaums normal fast nur solche respiratorischen, die durch die Senkung der Lungenwurzel bei der Einatmung zustande kommen. Bei der bronchoskopischen Untersuchung von Kindern hat man auch expiratorische Verengerungen und inspiratorische Erweiterungen von grösseren Bronchien gesehen.

Beim Erwachsenen sieht man bronchoskopisch nur unter krankhaften Bedingungen grobe Formveränderungen der grösseren Luftröhrenäste z. B. beim Husten. Es kann hier geradezu zu einer Verlegung des Lumens kommen. Wahrscheinlich handelt es sich hier aber in erster Linie um ein passives Zusammendrücken der grösseren Bronchien, weniger um einen aktiven Verschluss durch Bronchialmuskelkontraktion. Wir selbst haben bei curaresierten und tracheotomierten Hunden mit Hilfe des Bronchoskop weder spontane noch auf Vagusreizung erfolgende Volumschwankungen der sichtbaren grösseren Bronchien feststellen können. Die Bronchoskopie hat also für die experimentelle Untersuchung der Bronchialmuskulatur den grossen Nachteil, dass man gerade die Bronchien nicht sieht, bei denen der grösste motorische Effekt zu erwarten ist; das sind die kleineren und kleinsten Äste.

Der Schlüssel zum Verständnis des geringen Nutzeffektes experimenteller Vagusreizungen liegt wohl darin, dass die Bronchialmuskulatur nur mittelbar unter dem Einfluss motorischer Vagusimpulse steht. Die zur Lunge ziehenden Vagusfasern sind vielfach durch Nervenknoten, durch die sog. Remak'schen Ganglien im Bronchialbaum unterbrochen. Die Bronchialmuskulatur

scheint aber unter der Vorherrschaft solcher nervösen im Bronchialbaum selbst gelegenen Zentren zu stehen.

Trotz der unzweifelhaften Beeinflussung der expiratorisch wirksamen Bronchialmuskulatur durch den Nervus vagus fehlt auch heutzutage noch der vollgültige experimentelle Beweis dafür, dass während der Atmung, vor allem in der Phase der Expiration rhythmische motorische Impulse durch den Vagus zur Lunge laufen. Wir selbst wenigstens haben rhythmische zur Lungenmuskulatur verlaufende zentrifugale Erregungen im Nervus vagus bis jetzt weder bei normaler noch dyspnoischer Atmung nachweisen können. Zu diesem Zweck haben wir die Nervi vagi am Halse freigelegt, durchschnitten und versucht, am oberen Vagusteil etwaige Aktionsströme abzuleiten.

Im Anschluss daran werden von den Vortragenden noch die hierunter wiedergegebenen 5 Kurven demonstriert und besprochen.

Weiterhin wird ein Versuch an einer Schildkröte, analog der Fig. 5, vorgeführt.

Fig. 1.

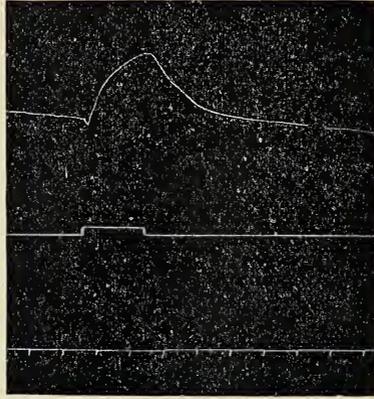
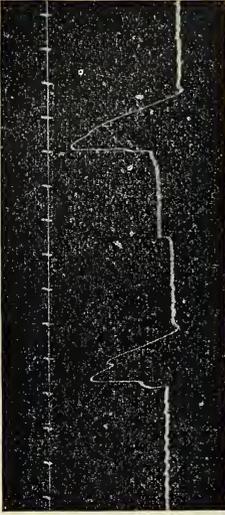


Fig. 2.

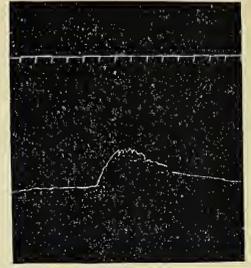


Fig. 3.

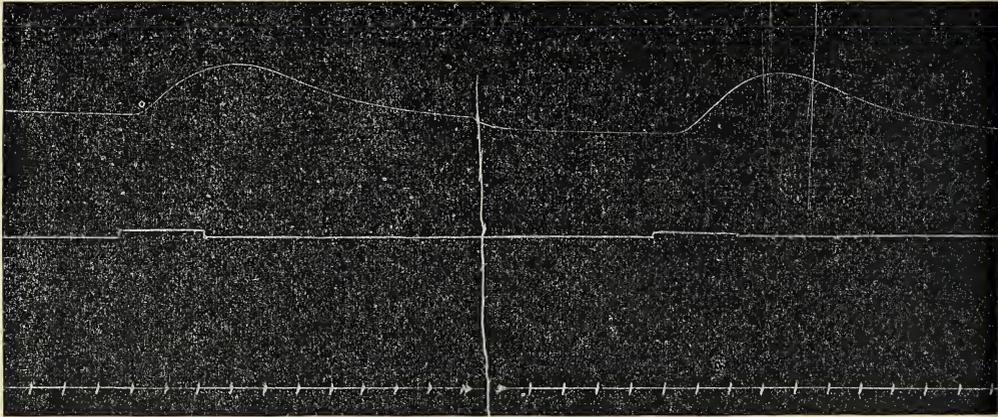


Fig. 4.



Fig. 5.

## Erklärung zu der Figurentafel:

### Fig. 1

Kaninchen 2500 g, 4 cm<sup>3</sup> 3% Curarelösung. Sauerstoffsufflation. Zwerchfellbewegungen nach Rosenthal registriert. Zuerst Reizung des linken, dann Reizung des rechten N. Vagus. Zeit in 10".

### Fig. 2

Kaninchen; Urethannarkose Trachealcanüle mit Marey'scher Capsel verbunden. Sternum ohne Verletzung der Pleuren entfernt. Herz ausgeschnitten. Reizung des rechten Vagus. (Bei Reizung des linken Vagus analoger Effekt.) Zeit in 10".

### Fig. 3

Kaninchen Urethannarkose. Trachealcanüle mit Marey'schen Capsel verbunden. Sternum ohne Eröffnung der Pleuren entfernt; Bauchhöhle ausgeräumt; Oesophagus extrahiert, Herz entfernt, dabei ein kleiner Rest von Venen, der weiterpulsiert, stehen geblieben, linker Vagus gereizt. Zeit in 10".

### Fig. 4

Testudo graeca. 2 g Urethan; Bauchpanzer entfernt; Tracheotomie; Herz ausgeschnitten; Lungen unter Druck von 25 mm Wasser aufgeblasen und durch Wassermanometer gebläht gehalten. Der freie Schenkel des Manometers mit Marey'scher Capsel verbunden. Zuerst Reizung des linken, dann des rechten N. vagus.

### Fig. 5

Verkleinert auf  $\frac{1}{3}$ . Testudo graeca. Wie Fig. 4, doch ausser Herz noch Magen, Darm und Oesophagus entfernt. Registrierung mit Frank'scher Kapsel. Zeit in 10".

---

Hierauf sprach Herr Fritz Loening:

### Ueber sauerstoffzehrende und sauerstoffübertragende Eigenschaften des Blutserums.

Beobachtungen über den tonisierenden Einfluss, den Sauerstoff auf die überlebende glatte Muskulatur der verschiedensten Organe auszuüben vermag, hatten zur Feststellung zweier Tatsachen geführt<sup>1)</sup>. Einmal hatte es sich gezeigt, dass es keineswegs gleichgültig ist, ob die Sauerstoffeinwirkung auf das betr. Organ in Serum oder in Ringerlösung erfolgt: dass vielmehr der gleiche Sauerstoff, in Serum eingeleitet, über eine viel stärkere Wirkungskraft verfügt als in Ringerlösung, woselbst seine tonisierende Kraft dagegen fast gar nicht zur Geltung kommt. Andererseits hatten jene Beobachtungen ergeben, dass es weiterhin auch für die Bewertung der tonisierenden (z. B. des sog. „vasotonisierenden“ oder „vasoconstriktorischen“) Leistungen eines Serums ebensowenig gleichgültig ist, ob sich das betr. Serum in sauerstoffgesättigtem oder sauerstoffarmem Zustande befindet: das vielmehr ein und dasselbe Serum einen schon vorhandenen mittleren Tonus sowohl zu erhöhen als auch zum Abfall zu bringen vermag, je nachdem es im einen Falle gut, im anderen nur mangelhaft mit Sauerstoff vorher versehen worden war.

Die Beobachtung, dass der Sauerstoff in Serum so sehr viel besser auf die Zellen einzuwirken vermag, als in Ringerlösung, hatte den Gedanken an ein besonderes, dem Serum etwa eigenes O<sub>2</sub>-Uebertragungsvermögen nahegelegt. Es erschien nicht ausgeschlossen, dass nur in einer solchen, die Sauerstoffübertragung auf die Zellen, die „Sauerstoffaktivierung“ besonders begünstigenden Eigenschaft des

---

1) Ausführliche Mitteilungen über diese unter Prof. A. Gürber ausgeführten Untersuchungen erfolgen in der Ztschr. f. Biol. 1913.

Serums die Ursache seiner tonisierenden Leistungen zu finden sei. Zur Lösung der Frage, inwieweit man in Tat von einem besonderen  $O_2$ -Uebertragungsvermögen des Serums zu sprechen berechtigt sein könnte, sollten die vorliegenden Untersuchungen mit beitragen helfen.

Eine Anregung hierzu hatten namentlich gewisse, schon vorliegende Beobachtungen W. Loele's<sup>1)</sup> gegeben. Loele fand, dass eine spontan, durch allmähliche Sauerstoffaufnahme aus der Luft schon eintretende Verfärbung eines  $\alpha$ -Naphтол-Formolreagenz durch Zusatz kleiner Mengen von Blutserum (oder Organextrakten) beschleunigt werden kann. Wurde Blutserum dahingegen im Ueberschusse hinzugesetzt, so wurde dadurch nicht nur keine Beschleunigung, sondern eine deutliche Hemmung jenes Oxydationsvorganges erzielt.

Von dem Vorhandensein derartiger, die Sauerstoffübertragung bisweilen nicht nur nicht fördernder, sondern geradezu hemmender Eigenschaften des Blutserums konnte man sich auch in den hier zu besprechenden Versuchen oftmals überzeugen.

Wurden zu jedem von 6 einzelnen, je 10 ccm frisches Rinderserum in steigender Ringer- oder NaCl-Verdünnung (a = unverdünntes Serum, b =  $\frac{1}{2}$  fach, c =  $\frac{1}{4}$ , d =  $\frac{1}{10}$ , e =  $\frac{1}{20}$  fach verdünntes Serum; f = Ringer bezw. NaCl ohne Serumzusatz) enthaltenden Röhrechen je 1 ccm eines frischen, 0,5 %  $\alpha$ -Naphтол und 0,5 % Dim.-p-phenylen-diamingemisches hinzugegeben, so liessen die stärker concentrirten Serumröhrechen (a, b, c) lange Zeit hindurch eine deutliche Hemmung der in den übrigen Röhrechen alsbald einsetzenden Indophenolblaubildung erkennen. Während in den schwächer concentrirten Serumröhrechen (d und e) verglichen mit der serumfreien Ringer- bezw. NaCl-Lösung (f) nach 1—2 stündigem Stehen bei 40° eher eine gewisse Verstärkung der Blaufärbung eingetreten sein mochte, hatten die stärker concentrirten Serumlösungen unzweifelhaft nur hemmend auf jenen Oxydationsvorgang einwirken können. Ganz das gleiche Ergebnis — zunehmende Hemmung entsprechend der steigenden Concentration — liess nun auch ein (aus der 12—24 stündigen Dialyse dieses Serums gegen die gleiche Menge Ringerlösung hervorgegangenes)

1) Münch. med. Woch. 1910 S. 1394, 2414.

Serumdialysat bei Anwendung der gleichen Methode erkennen: ein Hinweis darauf, dass eiweissartige Bestandteile des Serums irgendwelcher Art als Träger jener hemmenden Wirkung wohl kaum in Betracht kommen konnten. — Ein durchaus ähnliches Verhalten den zugesetzten Indophenolblaureagenzien gegenüber war auch bei der Prüfung entsprechend verschieden concentrirter Adrenalinlösungen (a = 1 : 50 000, b = 1 : 100 000, c = 1 : 200 000, d = 1 : 400 000, e = 1 : 800 000 f = adrenalinfreie NaCl-Lösung) festzustellen, wobei jene Hemmung dann in immer noch verstärktem Maasse zur Geltung kam, wenn das Adrenalin in alkalischer Lösung (0,1% Sodakoehsalzlösung) enthalten war.

Wie aber war jene Hemmung nun zu erklären? Nach dem Obengesagten lag es nahe, auch in diesem Falle an den Einfluss einer mehr oder weniger guten O<sub>2</sub>-Versorgung zu denken. Gleichwie ein Ueberwiegen sauerstoffübertragender (oxydierender) Eigenschaften bei guter O<sub>2</sub>-Versorgung des Serums, so hätte andererseits auch ein Ueberwiegen sauerstoffzehrender (reduzierender) Eigenschaften bei mangelhafter O<sub>2</sub>-Versorgung vorliegen und für die Erklärung jener fördernden resp. hemmenden Wirkungen mit in Betracht kommen können.

Es lag m. a. W. für die weiteren Versuche die folgende Fragestellung vor: Lässt sich das Vorhandensein stärker reduzierender Eigenschaften überhaupt bei jedem Serum nachweisen, und bis zu welchem Grade können solche reduzierenden Eigenschaften dann durch O<sub>2</sub>-Einleitung wiederausgeglichen werden? Falls es aber durch fortdauernde gute O<sub>2</sub>-Versorgung eines Serums wirklich gelingt, dessen reduzierende resp. hemmende Wirkungen wieder ganz auszugleichen: lässt dann in der Tat ein solch völlig mit O<sub>2</sub> gesättigtes Serum jetzt besondere sauerstofftragende (oxydierende) Eigenschaften erkennen? — Zum Vergleiche brauchte nur an das Beispiel einer gewöhnlichen Leuchtgasflamme etwa erinnert zu werden, wo ja bekanntlich ebenfalls die mit O<sub>2</sub> noch nicht hinreichend gesättigten (inneren) Teile reduzierend, die mit O<sub>2</sub> jedoch reichlicher versehenen (äusseren) Teile oxydierend wirksam sind.

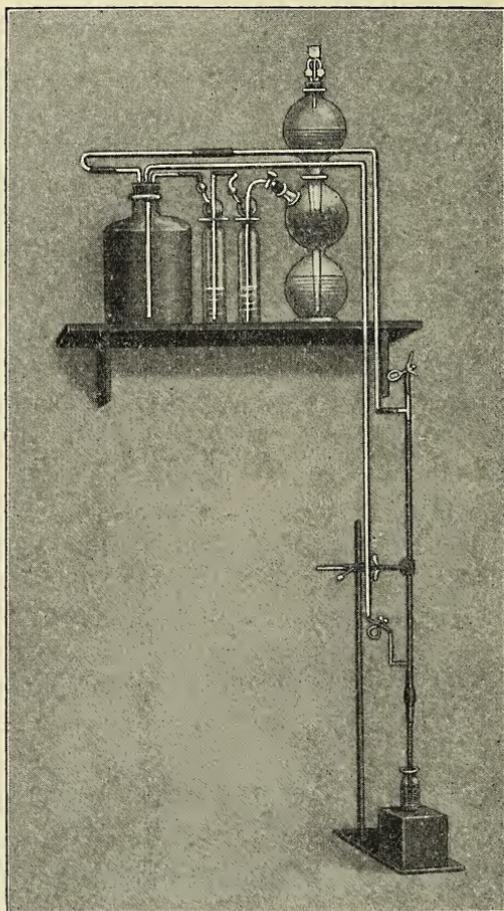
---

## I. Prüfung der reduzierenden Eigenschaften eines Serums.

Um über das Reduktionsvermögens eines Serums und diejenigen Veränderungen, die es unter dem Einflusse der Verdünnung, Sauerstoffeinleitung, Erwärmung usw. erleidet, Aufschluss zu erhalten, konnte man sich des von Knecht und Hibbert empfohlenen, von H. Wichern<sup>1)</sup> dann ausgearbeiteten und ausführlicher beschriebenen messenden Verfahrens der Titrierung mit Titantrichlorid nach Methylenblauzusatz bedienen. Hat man zu einem Serum eine bestimmte Menge Methylenblau medizinale Höchst (hier gewöhnlich je 1 ccm einer 0,1 % Methylenblaukochsalzlösung auf je 10 ccm Serum) hinzugegeben, so lässt sich eine durch das Serum etwa bewirkte teilweise Reduktion des Methylenblaus immer daran erkennen, dass es zur völligen Reduktion und Entfärbung des Serummethylenblaugemisches danach viel weniger ccm des (reduzierend wirksamen)  $\text{TiCl}_3$  bedarf, als wenn dieselbe Menge Methylenblau nur in Kochsalzlösung gelöst enthalten gewesen wäre. Der Mehrverbrauch an  $\text{TiCl}_3$  zur Entfärbung der Kochsalzlösung entsprach somit der wirksam gewesenen Reduktionskraft des betr. Serums. Bezüglich der Einzelheiten der Technik muss hier auf die Angaben Wichern's verwiesen werden (s. nebenstehend. Abb.). Hier wurde in der Regel eine unter Wasserstoffatmosphäre aufbewahrte 0,05 %  $\text{TiCl}_3$ -Lösung (10 ccm des 15 % Merck'schen Titantrichlorids auf 3000 g zuvor ausgek. aq. dest.) verwandt. Titriert wurde — unter langsamer gleichmässiger Zugabe des  $\text{TiCl}_3$  und unter fortdauerndem schnellen Umrühren des Methylenblaugemisches — solange, bis plötzlich ein Moment erstmaliger völliger Entfärbung eintrat, worauf dann die bis dahin verbrauchten ccm  $\text{TiCl}_3$  notiert werden konnten. Ein besonderer vorheriger Säurezusatz erwies sich zumeist nicht als notwendig. Zu den Verdünnungen resp. zum Vergleich wurde in der Regel

1) Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 57 S. 365 (1908).  
Arch. für Hygiene, Bd. 72 (1909).

physiol. NaCl-Lösung, gelegentlich auch Ringerlösung (0,9 % NaCl, 0,03 % NaHCO<sub>3</sub>, 0,042 % KCl, 0,024 % CaCl<sub>2</sub>) verwandt. Von einem besonderen Abschluss der Lösungen



gegen den Luftsauerstoff (Ueberschichten mit Paraff. liquid.) wurde in allen späteren Versuchen abgesehen, nachdem es sich gezeigt hatte, dass die hier beobachteten Resultate durch den (sehr langsam nur in Serum hineindiffundierenden)

Luftsauerstoff kaum wesentlich wieder verändert werden konnten. Gewisse Schwierigkeiten bei der Handhabung der Methode waren einmal in der Gefahr des Uebertitrierens, des weiteren auch in der sehr schnell zuweilen wiedereinsetzenden Reoxydation (Wiederblaufärbung des Methylenblaus) gegeben.

Was diese — bei geringer  $\text{TiCl}_3$ -Benötigung, also bei dem Vorhandensein stärkerer  $\text{O}_2$ -bindender Kräfte — stets bald wiedereinsetzende und durch Paraffinabschluss nicht etwa zu vermeidende Reoxydation betrifft, so hatte man immer den Eindruck, als ob sie „von innen heraus“, nicht etwa durch den von aussen erst hineindiffundierenden Luftsauerstoff verursacht worden sei: dass es m. a. W. infolge des  $\text{TiCl}_3$ -Zusatzes immer zu einer Wiederrückgabe des an die sauerstoffzehrenden Bestandteile des Serums schon einmal gebundenen  $\text{O}_2$  an das Methylenblau hierbei käme. Der  $\text{O}_2$  schien also an die zur  $\text{O}_2$ -Aufnahme befähigten Bestandteile des Serums hier immer nur sehr locker gebunden zu sein. Namentlich bei einem mit  $\text{O}_2$  schon vorher in der Wärme gesättigten Serums erfolgte jene Reoxydation so plötzlich und dabei auch in den tieferen Schichten des Serums so gleichmässig intensiv und schnell, dass ein allmählich erst von aussenher erfolgendes Hineindiffundieren von Luftsauerstoff resp. eine darauf sich stützende Erklärung ganz unwahrscheinlich erschien.

Wie schwer es bei einem blutkörperchenfreiem Serum übrigens gelingt, nur auf dem Wege reiner Diffusion, unterstützt nur durch sein specif. Absorptionsvermögen, also bei blossem Stehen an der Luft, eine Art Ausgleich mit dem Luftsauerstoff eintreten zu lassen, und wie allmählich nur ein sauerstoffarm schon gewordenes Serum sich mit Luftsauerstoff wieder zu sättigen vermag, zeigte der auffallend träge Verlauf der Indophenolblausynthese in einem zuvor entgasten resp. durch Zusatz von colloid. Palladium + Wasserstoff nach C. Paal ganz  $\text{O}_2$ -frei gemachtem Serum. Die ausserordentliche Langsamkeit, mit der der von dem Eindringen von Luftsauerstoff zeugende blaue Ring von der Serumoberfläche her hier in die Tiefe eindrang, war hier recht bezeichnend.

Prüfung von Serum-Ringerverdünnungen (nach Zusatz von je I cem 0,1 % Methylenblaukochsalzlösung auf je 10 cem Flüssigkeit).

Die Zahlen entsprechen den zur erstmaligen völligen Entfärbung der betr. Methylenblaumischung (= 1t cem) benötigten cem des 0,05 % Titantrichlorids. (Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf Kontrollversuche.)

I. Zimmertemperatur. Keine O <sub>2</sub> -Zufuhr.		II. Bei 40°. Keine O <sub>2</sub> -Zufuhr.	
a (= unverd. Serum) 3,5 (3,4)	} danach sofortige Reoxydation.	a (= Serum unverd.) 3,1 (4,5) (4,0)	} danach sofortige Reoxydation.
b (= 1/2 Serum) 2,4		b (= 1/2 Serum) 2,8	
c (= 1/4 Serum) 2,5	} danach sofortige Reoxydation erst nach 1/4—1/2 Std.	c (= 1/4 Serum) ?	} danach sofortige Reoxydation; starke Tendenz zu weiterer Reoxydation!
d (= 1/10 Serum) 1,7		d (= 1/10 Serum) 2,6	
e (= 1/20 Serum) 1,7		e (= 1/20 Serum) 2,5	
f (= Ringertlösung) 5,0 (5,5) (6,5)		f (= Ringer) 4,8 (5,0) (4,3)	
III. Zimmertemperatur + 20 minnt. O <sub>2</sub> -Durchleitung.		IV. Bei 40° + 20 minnt. O <sub>2</sub> -Durchleitung.	
a (= Serum unverd.) 7,9 (9,8) (11,5)	} danach sofortige Reoxydation	a (= Serum unverd.) 10,7 (!)	} sofortige Reoxydation; starke Tendenz zu weiterer Reoxydation!
b (= 1/2 Serum) 7,1		b (= 1/2 Serum) 7,7	
c (= 1/4 Serum) 5,5		c (= 1/4 Serum) 7,0	
d (= 1/10 Serum) 3,4		d (= 1/10 Serum) 6,5	
e (= 1/20 Serum) 3,4		e (= 1/20 Serum) 4,6	
f (= Ringer) 9,4 (6,8) Reoxydation erst nach 5 Min.	f (= Ringer) 4,7 (4,5) Reoxydation erst nach 2—3 Min.		

Sämtliche Gläschen, je 11 cem Methylenblaumischung enthaltend, wurden erst, nachdem sie etwa 20 Minuten lang I und III bei Zimmertemperatur, II und IV in einem auf 40° eingestellten Wasserthermostaten; I u. II ohne O<sub>2</sub> Zufuhr, III u. IV unter fortdauernder O<sub>2</sub>-Zuführung) gestanden hatten, titriert. Ein Parallelversuch mit demselben Serum in dem 0,9 % Kochsalzlösung überall an Stelle des Ringers verwandt wurde, liess keine wesentlichen Abweichungen erkennen.

Von zahlreichen übereinstimmenden Versuchen, in denen sich der Einfluss der Verdünnung, Erwärmung und längeren O<sub>2</sub>-Durchleitung in Abweichungen in der reduzierenden Kraft eines Serums zu erkennen gab, seien hier nur die Ergebnisse eines Versuches als Beispiel angeführt. (Vgl. die umstehende Tabelle).

Die darin mitgeteilten Zahlen können dabei weniger als absolute Werte als vielmehr nur als Vergleichswerte ein gewisses Interesse beanspruchen.

Was zunächst den Einfluss der Serumverdünnung betrifft, so lassen die hier wie in allen übrigen Versuchen verzeichneten TiCl<sub>3</sub>-Werte bei zunehmender Verdünnung durchweg eine Abnahme erkennen: Das Reduktionsvermögen eines jeden Serums nahm also bei zunehmender Verdünnung vorerst deutlich zu. Es schien hier ein bemerkenswerter Unterschied in der reduzierenden Kraft kolloidal gelöster Stoffe und kristalloider Körper insofern zu bestehen, als nur die ersteren — in den hier beobachteten Konzentrationen wenigstens — eine solch anfängliche Zunahme des Reduktionsvermögens bei zunehmender Verdünnung erkennen liessen: in 10—0,5 % Traubenzuckerlösungen nahm das Reduktionsvermögen bei zunehmender Verdünnung stets deutlich ab! Auch in 10—0,5 % Eiereiweiss- oder Wittepeptonlösungen kam es bei stärkerer Verdünnung vorerst immer erst zu einer Zunahme der auf Methylblau ausgeübten reduzierenden Wirkung: ein Verhalten, das möglicherweise in einer der stärkeren Konzentration immer entsprechenden stärkeren Behinderung und gegenseitigen Hemmung der O<sub>2</sub>-bindenden grösseren Moleküle kolloidaler Lösungen seine Erklärung fand.

Als wichtigstes Ergebnis aller derartigen Serumversuche lässt nun das hier mitgeteilte Beispiel den Einfluss der vor-

her stattgehabten  $O_2$ -Einleitung erkennen. Wie es zunächst ein Vergleich der in Rubrik I und II der Tabelle verzeichneten  $TiCl_3$ -Zahlen a—e einerseits und f andererseits deutlich werden lässt, waren die zur Entfärbung benötigten  $TiCl_3$ -Werte in Gegenwart von Serum und bei fehlender  $O_2$ -Einleitung stets kleiner ausgefallen, als in der serumfreien Ringerlösung (f): ein Beweis dafür, dass dem Serum als solchem wie auch seinen Verdünnungen ein reduzierender Einfluss in der Tat zukam. Wurde ein schon älteres Serum verwandt, so fielen diese Abstände zwischen a—e einerseits und f andererseits noch deutlicher aus, was dann immer auf eine gesteigerte reduzierende Kraft des älteren Serums zu schliessen erlaubte.

Vergleicht man dagegen die in Rubrik IV der Tabelle angeführten Zahlen mit allen übrigen, so zeigt es sich, dass nach 20 minut. reichlicher  $O_2$ -Einleitung in das auf  $40^\circ$  erwärmte Serum die zur völligen Entfärbung dieses Serums benötigten  $TiCl_3$ -Zahlen durchweg höher geworden sind. Man sieht m. a. W., dass unter dem Einflusse einer ausreichenden  $O_2$ -Sättigung eines Serums, speziell in der Wärme, dessen Reduktionskraft in der Tat nachzulassen pflegt. — Bemerkenswert erscheint aber diesmal — im Gegensatze zu früher — der nicht unbeträchtliche **Mehrverbrauch** an  $TiCl_3$ , dessen es zur erstmaligen Entfärbung des unverdünnten  $O_2$ -Serums (a), verglichen mit den zur Entfärbung des  $O_2$ -Ringers (f) benötigten Mengen, bedurfte. Er konnte nur darin seine Erklärung finden, dass in dem  $O_2$ -Serum, im Vergleich zu dem ebenfalls mit  $O_2$  gesättigten Ringer, eine stärkere Sauerstoffspeicherung stattgefunden hatte, eine Art Ansammlung oder Verdichtung von  $O_2$ , wie diese dann weiterhin auch in der, trotz reichlicher Hinzugabe von  $TiCl_3$  gerade bei a immer wieder und sehr plötzlich hervortretenden auffallend starken **Tendenz zu sofortiger Reoxydation** zum Ausdruck kam. Während demgemäss bei starkem

Umrühren des  $O_2$ -Ringers (f), nach Zugabe von verhältnismässig wenig  $TiCl_3$ , meist die Tendenz zu baldiger Entfärbung (Reduktion) von Anfang an überwog, trat dagegen bei gleich starkem Umrühren des  $O_2$ -Serums (a), trotz der schon viel reichlicher hier hinzugesetzten  $TiCl_3$ -Mengen, immer wieder die Neigung zu sofortiger starker Wiedergrünfärbung (Reoxydation) hervor. Gerade hierbei gelang es aber trotz mehrfach wiederholter  $TiCl_3$ -Zugaben so wenig, die sofort immer wiedereinsetzende Reoxydation, für kurze Zeit wenigstens, hintanzuhalten, dass der Moment erstmaliger völliger Entfärbung überhaupt nur sehr schwer festzuhalten war. Wenn es demnach, wie oben (S. 21) schon erwähnt, bei der Plötzlichkeit und Intensität des Wiedereinsetzens jener Reoxydation, die in allen Schichten des Serums gleichzeitig erfolgte, nicht gut zugänglich war, an ein nachträgliches Hineindiffundieren von Luftsauerstoff dabei zu denken, so liess sich mithin nur noch die Möglichkeit hier erwägen, dass jenem Serum in der Tat eine Art  $O_2$ -Speicherungsvermögen und — von dem Augenblicke an, wo die  $TiCl_3$ -Werte diejenigen des Ringers übertrafen — auch  $O_2$ -Uebertragungsvermögen eigen war. Ein prinzipieller Gegensatz zwischen  $O_2$ -Speicherungs- und  $O_2$ -Uebertragungsvermögen wäre demnach hier aber gar nicht festzustellen gewesen.

Die Versuche durften jedenfalls zu folgenden **Schlüssen** berechtigen:

*Ein mit  $O_2$  nicht zuvor künstlich gesättigtes Serum bietet deutliche **reduzierende Eigenschaften** dar. Diese reduzierende Wirksamkeit jedes Serums lässt sich durch hinreichende  $O_2$ -Zufuhr in der Wärme so weit wiederausgleichen, dass sein auf Methylenblau ausgeübter teilweise entfärbender Einfluss nachweisbar abgeschwächt wird. Des weiteren lässt der Mehrbedarf an  $TiCl_3$  und die besonders starke Reoxydationstendenz eines mit  $O_2$  in der Wärme gesättigten Serums (immer im Vergleich zu*

dem O<sub>2</sub>-Ringer) darauf schliessen, dass jenes Serum im Anschluss an die O<sub>2</sub>-Einleitung eine grössere Menge O<sub>2</sub> — sei es chemisch oder durch Absorption — **gebunden** haben muss. Feststeht jedenfalls, dass der, entweder auf diese Weise oder erst später in das Serum hineingelangte O<sub>2</sub> darin viel leichter zu **Reoxydation** zu führen, den reduzierenden Einfluss selbst grösserer TiCl<sub>3</sub>-Mengen durch **O<sub>2</sub>-Abgabe** viel leichter wieder zu entkräften vermag, als dies in einer mit O<sub>2</sub> ebenfalls gesättigten Ringerlösung gelingt.

Ergänzend sei bemerkt, dass sich die gleichen Eigenschaften, — deutliches Reduktionsvermögen bei fehlender O<sub>2</sub>-Einleitung, mehr oder weniger vollkommener Ausgleich desselben und gleichzeitige Begünstigung einer starken Reoxydation durch O<sub>2</sub>-Einleitung in der Wärme, — auch bei einem jeden frischen biuretfreien Dialysat des Serums (1 Teil Serum: 1 Teil Ringer), — trotz Fehlens der Eiweisskörper darin, — nachweisen liessen.

## II. Prüfung auf sauerstoffübertragende Eigenschaften.

Für die Prüfung etwaiger O<sub>2</sub>-übertragender Funktionen eines Serums kamen fürs erste die bekannten **Oxydase-reagenzien** in Frage, Substanzen, die zu einer O<sub>2</sub>-Aufnahme befähigt, ihren Uebergang in den oxydierten Zustand durch eine Verfärbung anzuzeigen pflegen. Ihrer Mitwirkung hat man sich vielfach, den bekannten Anschauungen Bach und Chodat's dabei Rechnung tragend, bedient, um den aktivierenden Einfluss, den tierische Peroxydasen auf Wasserstoffsperoxyd und andere Peroxyde auszuüben vermögen, an ihrer Verfärbung kenntlich zu machen. Ueber die Brauchbarkeit derartiger Oxydasereagenzien konnte man sich leicht mit Hilfe eines einfachen Verfahrens Gewissheit verschaffen, das an dieser Stelle kurz mitgeteilt sei.

Uebereinstimmende Versuche konnten zeigen, dass ein ganz ähnlicher aktivierender Einfluss auf H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, wie er den

Peroxydasen zugeschrieben wird, auch dem seither oft genannten Titantrichlorid immer zukommt. Wurde einer mit ein wenig 1%  $H_2O_2$  versehenen gewöhnlichen Guajakharz- oder Alointinktur nur eine geringe Menge von dem obenerwähnten 0,05%  $TiCl_3$  zugesetzt, so genügte dies in jedem Falle, um eine sofortige, überraschend plötzliche Verfärbung, eben ihre Oxydierung, eintreten zu lassen. Und auf gleiche einfache Weise gelang es bei allen daraufhin untersuchten Oxydasereagenzien, sofern sie nur in wasserlöslicher Form und nicht in alkalischer Lösung angewandt wurden, jenen Farbenumschlag augenblicklich eintreten zu lassen. Untersucht wurden ausser den genannten nach dieser Richtung hin noch: Benzidin in essigs. Lösung, 0,1% essigs. Leukomalachitgrünlösung, 1% Ortho-, Meta- und Parakresol, Resorcin, Hydrochinon, Guajakol, Pyrogallol,  $\alpha$ -Naphthol und Adrenalin. Augenscheinlich lag hier also eine ähnliche katalysatorische Wirkung vor, wie sie bei Ferro-, Cu-, Mangan- und anderen Metallsalzen schon früher bereits beobachtet worden ist. Wurde Guajakharz oder Benzidin in Substanz, also nicht in wasserlöslicher Form zu einem solchen  $H_2O_2$ - $TiCl_3$ -Gemisch hinzugesetzt, so gelang die Umfärbung nicht.

Hatte es bei allen diesen Proben des Wasserstoff-superoxydes bedurft, um eine  $O_2$ -Uebertragung erst möglich zu machen, so schien eben jenem  $H_2O_2$  eine physiologische Bedeutung dennoch kaum zuzukommen. Sind doch auch die bekannten intracellulären Oxydationsfermente, wie es schon die Bläuung von Guajaktinktur durch Leukocyten ohne Peroxydzusatz (Brandenburg, Erich Meyer<sup>1</sup>) oder die Indophenolblaureaktion W. H. Schultzes beweist, in ihrer Wirkungsweise durchaus nicht auf die Mitwirkung von  $H_2O_2$  angewiesen.

Angesichts der obenerwähnten Fähigkeiten eines mit  $O_2$  in der Wärme gesättigten Serums, den reduzierenden Einfluss

---

1) Münch. Med. Woch. 1903 S. 1489, 1904 S. 1578.

zugesetzten Titantrichlorids besonders leicht überkompensieren zu können, lag es also nahe, ein solches  $O_2$ -Serum nunmehr auch daraufhin zu prüfen, ob es auch auf die genannten Oxydasereagenzien — ohne besonderen Peroxydzusatz — besonders leicht sauerstoffübertragend wirken könne. Zum Vergleiche konnte wiederum eine mit  $O_2$  in derselben Weise gesättigte Ringerlösung dienen.

Prüfte man nun das Verhalten eines fortdauernd unter  $O_2$ -Zufuhr stehenden erwärmten Serums oder seines Dialysates den obengenannten Oxydasereagentien gegenüber, so zeigte es sich, dass einem solchen Serum, verglichen mit der den gleichen Bedingungen dabei unterworfenen Ringerlösung, ganz und gar nicht das vermutete stärkere  $O_2$ -Übertragungsvermögen jedesmal zukam. Vielmehr ging im Gegenteil die Indophenolblausythese wie auch die Umfärbung einer kleinen Menge hinzugesetzter Guajaktinktur in der betr. Ringerlösung viel besser in der Regel und schneller vor sich, als in jenem Serum oder in seinem Dialysat: die erwähnte Hemmung war also durchaus nicht aufgehoben worden. Nur durch eine unzureichende  $O_2$ -Versorgung des Serums war also jene Hemmung nicht zu erklären gewesen.

Bei einem Teil der genannten Reagentien gelang es dahingegen unzweifelhaft, eine stärkere und weit schnellere Verfärbung durch  $O_2$ -Serum resp. durch sein Dialysat als durch  $O_2$ -Ringer herbeizuführen. In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse eines solch vergl. Versuches zwischen einem Serum-Ringerdialysat und unveränderter Ringerlösung dargestellt, wozu nur noch zu bemerken ist, dass das Verhalten des Serums selbst ganz demjenigen seines (biuretfreien) Dialysates entsprach.

Tabelle II.

Vergleich des O<sub>2</sub>-Uebertragungsvermögens von **Serum-dialysat** (ein Teil Serum : ein Teil Ringer) und **Ringerlösung**.

(Fortdauernde O<sub>2</sub>-Einleitung bei 40°.)

	Dialysat + O <sub>2</sub>	Ringer + O <sub>2</sub>
10 ccm + wenig frische Guajakharztinktur (75% Alkohol)	Hemmung	Deutliche Grünfärbung (NB. in Wasser kommt diese nicht zustande).
desgl. + 1 ccm der Indophenolblaureagentien	Hemmung bzw. keine Förderung	frühere Blaufärbung
desgl. + Messerspitze Aloinpulver (Kahlbaum)	intensive Rotfärbung	gelbe Farbe.
desgl. + 5 ccm 4% Pyrogallol	intensive Braunfärbung	hellgelbe Farbe.
desgl. + 5 ccm 2% Hydrochinon	dunkle Braunfärbung	helbbraunlich.
desgl. + 5 ccm 4% Resorcin	dunkelgelbbraun	hellgelblich.
desgl. + 5 ccm 0,1% essigs. Leukomalachitgrünlösung	grünliche Trübung; nach 1 bis mehrer. Stunden immer deutlichere Grünfärbung	wasserklar.

Die Unterschiede werden schon nach 5 Minuten sehr deutlich.

Wie es in dieser Tabelle nochmals zum Ausdruck kommt, vermochte Serum resp. sein Dialysat die Guajakbläuung und Indophenolblausythese — trotz andauernder guter O<sub>2</sub>-Versorgung — nur hemmend resp. nicht fördernd zu beeinflussen. Konnte aber bei allen übrigen in der Tabelle vermerkten Reagentien (Aloin, Pyrogallol, Hydrochinon, Resorcin, essigs. Leukomalachitgrün) nach dem übereinstimmenden Ergebnis vieler Versuche eine intensivere und viel schnellere Umfärbung nur auf Seiten des Dialysates bzw. Serums stets festgestellt werden, so konnte darin nur der Beweis

dafür erblickt werden, dass in der Tat ein **besseres O<sub>2</sub>-Uebertragungsvermögen des Serums** auf diese Reagentien vorhanden war. — Dass auch nach Zusatz von ameisens. Na + Barythydrat nur in dem Dialysat, nicht aber in Ringer auf die O<sub>2</sub>-Einleitung hin ein Niederschlag erfolgte, sei, so wenig dies vorläufig noch beweisend erscheint, doch nebenbei hier erwähnt. Ergänzende Versuche sind hier noch in Aussicht genommen.

Das, was die letztgenannten Oxydasereagentien von den oben-erwähnten, denen gegenüber sich Serum immer nur hemmend verhielt, unterscheidet, ist offenbar ihre Wasserlöslichkeit. Und es scheint, dass in der Tat nur solche Oxydasereagentien oder Stoffe von den O<sub>2</sub>-übertragenden Serums-substanzen bei deren O<sub>2</sub>-Sättigung mit bedacht werden können, die gleich ihnen gut wasserlöslich (resp. besser wasserlöslich als lipoidlöslich) sind. Auch Wasserstoffsuperoxyd, im Verein mit einem Aktivator (Peroxydase oder Titantrichlorid) wirksam gemacht, lässt alle Reagentien unberührt, die nicht in wasserlöslicher Form mit ihm vermischt worden sind. Wird zu dem oben (S. 27) erwähnten Titantrichlorid-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Gemisch anstelle der Guajak-tinktur, statt Benzidin in essigs. Lösung oder statt essigs. Leukomalachitgrünlösung das betr. Reagenz in Substanz (gepulv. Guajakharz, Benzidin, Leukomalachitgrün) hinzugesetzt, so werden diese Stoffe, da sie nicht wasserlöslich sind, nicht angegriffen und bleiben von der oxydativen Umfärbung verschont.

Es scheint demnach, dass in der Tat in einem jeden Serum Substanzen vorhanden sind, die selbst gut wasserlöslich und mit O<sub>2</sub> bei blosser Durchleitung leicht zu sättigen, eine O<sub>2</sub>-Uebertragung auch auf andere wasserlösliche Stoffe in gewissen Fällen vermitteln können. Was für Substanzen chemischer Natur dabei in Frage kommen, muss vorläufig noch dahingestellt bleiben; aus ihrer leichten Dialysierbarkeit geht jedoch hervor, dass sie wasserlöslich und offenbar nicht eiweissartiger Natur sind. Dass ein

höherer Hydroxylionengehalt (Alkaleszenz) des Serums resp. seines Dialysates oder dessen Gehalt an Traubenzucker diese der einfachen Ringerlösung gegenüber zur Geltung kommenden Besonderheiten mit verursacht habe, wäre denkbar, wenn auch als einzige Ursache nicht gerade wahrscheinlich. — Erwähnung bedarf jedenfalls die weitgehende Aehnlichkeit, die die fraglichen Substanzen mit den eingangs erwähnten „vasotonisierend“ oder „vasoconstriktorisch“ wirksamen Substanzen jedes Serums gemeinsam haben, mit Substanzen, die, gleich jenen leicht dialysierbar, auch die gleiche Abhängigkeit ihrer „Aktivität“ von einer wechselnden O<sub>2</sub>-Versorgung dabei stets zeigen. Vieles würde dafür sprechen, dass „O<sub>2</sub>-Uebertragung“ und „tonisierende Wirkung“ zwei gar nicht einmal so sehr verschiedene Wirkungen ein und derselben, auf die O<sub>2</sub>-Mitwirkung stets angewiesenen Substanz nur sind.<sup>1)</sup>

Dass die hier vorliegenden, mit ähnlichen Erfahrungen Schmiedeberg's und Jaquet's (Arch. f. exp. Path. u. Pharm. Bd. 14 (1881) S. 288, Bd. 29 (1892) S. 386) beiläufig, wie es scheint, recht gut übereinstimmenden Beobachtungen über besondere oxydationsvermittelnde Eigenschaften des Blutserums nicht für die fermentativen, intracellulär nur sich abspielenden Verbrennungsprozesse von unmittelbarer Bedeutung sein können, liegt auf der Hand. Wohl aber würde für die Vorgänge der inneren Atmung, resp. jeden zwischen Zellen und Blutflüssigkeit sich abspielenden Gasaustausch eine derart O<sub>2</sub>-übertragende Funktion des Blutserums resp. Plasmas nicht gleichgültig sein können. Insofern wäre auch ein messendes Verfahren, das die unter normalen und pathologischen Verhältnissen etwa eintretenden Schwankungen jener Serumfunktion zu bewerten und abzuschätzen gestatten würde, wohl wünschenswert.

---

1) Vergl. F. Loening, Beobachtungen über die vasotonisierenden Eigenschaften des Blutserums unter besonderer Berücksichtigung der Sauerstoffwirkung. Zeitschr. für Biol. 1913.

### Schlussätze.

1. Mit Hilfe der Titantrichloridmethode kann man sich von der jedem Serum eigenen Reduktionskraft und gewissen Schwankungen, die diese unter dem Einflusse der Verdünnung, O<sub>2</sub>-Einleitung und Erwärmung erleidet, leicht überzeugen.
  2. Ein auf 40° erwärmtes Serum lässt nach reichlicher O<sub>2</sub>-Einleitung in dasselbe eine Minderung dieser Reduktionskraft erkennen. Der Mehrbedarf an TiCl<sub>3</sub>, dessen es zur erstmaligen völligen Entfärbung des O<sub>2</sub>-Serums, verglichen mit dem O<sub>2</sub>-Ringer, bedarf, wie auch die besonders starke Reoxydationstendenz dieses O<sub>2</sub>-Serums, scheinen nur durch eine Art O<sub>2</sub>-Speicherung in dem Serum erklärt werden zu können.
  3. Kleine Mengen von Titantrichlorid vermögen — ganz analog einer Peroxydase — H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> jederzeit derart leicht zu aktivieren, dass Oxydasereagentien, die in wasserlöslicher Form und nicht in alkalischer Lösung hinzugesetzt worden sind, dadurch sofort in den oxydierten Zustand übergeführt werden.
  4. Der hemmende Einfluss, den Blutserum (oder sein Dialysat) auf die oxydative Umfärbung gewisser Oxydasereagentien auszuüben vermag, lässt sich durch eine unzureichende O<sub>2</sub>-Versorgung dieses Serums allein nicht erklären.
  5. Nur auf solche Oxydasereagentien scheint ein in der Wärme mit O<sub>2</sub> gesättigtes Serum resp. sein biuretfreies Dialysat eine O<sub>2</sub>-übertragende (oxydationsvermittelnde) Wirkung ausüben zu können, die gleich den „O<sub>2</sub>-übertragenden“ Serumsubstanzen gut wasserlöslich sind.
-

# Sitzungsberichte

der

## Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

### MARBURG

---

---

Nr. 3

Mai

1913

---

---

In der Sitzung vom 7. Mai trug Herr F. Richarz vor über die von seinen Schülern gefundene

### **Vergrößerung der Schallgeschwindigkeit in Gasen bei gleichzeitiger Ionisation derselben.**

Bei den Versuchen, die Herr E. Rohlf i. J. 1908 im hiesigen Institut zur Bestimmung des Verhältnisses der spezifischen Wärmen  $\alpha = c_p/c_v$  für chemisch reinen Sauerstoff anstellte, fanden sich unter gewissen Bedingungen auffallend hohe Werte. (Inaug.-Diss. Marburg 1909). Irgend eine bekannte Fehlerquelle war nicht zu finden. Bei Herrn E. Rohlf kam zunächst in Betracht, dass er seine Messungen an frisch bereitetem elektrolytischem Sauerstoff anstellte. Einerlei, ob sich folgende Erklärung ganz oder modifiziert bewahrheiten wird, jedenfalls hat mir für die weiteren Versuche mit Erfolg die Vermutung als heuristisches Prinzip gedient, dass die Abweichung in Zusammenhang stehe mit Ionisation, wie ich in einer früheren Sitzung dargelegt habe (Sitz.-Ber. 4. August 1911, p. 111). Damals berichtete ich auch über die weiteren Versuche von Herrn H. Küster, der am Schluss seiner Inauguraldissertation 1911 bereits erfolgreiche Versuche mit Röntgenstrahlen erwähnte. Eingehend hat dann Herr W. Küpper deren Einfluss, sowie auch denjenigen anderer Ionisatoren untersucht, nämlich von ultravioletten

Becquerel-Strahlen und des elektrischen Wechselfeldes (Inaug.-Diss. 1912; Naturw. Rdsch. 27, 1912, p. 253). Herr Küpper findet durchweg einen Parallelismus zwischen Ionisation und Veränderung der  $z$ -Werte, aber eine volle Erklärung kann, wie ich bereits in meinem früheren Berichte erwähnte, nicht durch die Ionisation gegeben werden.

Bereits Herr K. H. Küster fand auch eine Beeinflussung seiner  $z$ -Werte in demselben Sinne, die nur auf die Ionisation der Phosphorgase zurückführbar erschien. Diese Beobachtung hat nunmehr Herr R. Ludwig systematisch weiter verfolgt und in seiner soeben vollendeten Doktorarbeit nachgewiesen, dass jene von Herrn K. H. Küster vermutete Beeinflussung der über Phosphor gestrichenen Luft bzw. des Sauerstoffs in der Tat existiert. Durch die Entdeckungsgeschichte dieser merkwürdigen Erscheinung war motiviert, dass sie für die Herren E. Rohlf, K. H. Küster, W. Küpper zunächst als Vergrößerung der  $z$ -Werte galt. Indessen ist unmittelbar sicher durch die Beobachtungen festgestellt eine Vergrößerung der Schallgeschwindigkeit  $v$ . Gemessen wird im einzelnen Falle die Wellenlänge  $\lambda$  für eine gegebene dem erregenden Tone entsprechende Schwingungszahl  $\nu$ . Wenn  $p$  der Druck,  $\mu$  die Dichtigkeit des Gases ist, gilt allgemein:

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{1}{\nu} \sqrt{\frac{dp}{d\mu}} \dots \dots \dots (1)$$

Kann das betrachtete Gas mit hinreichender Annäherung als vollkommenes angesehen werden, so folgt:

$$\lambda = \frac{1}{\nu} \sqrt{z \frac{p}{\mu}} \dots \dots \dots (2)$$

Die mit Sicherheit nachgewiesene Vergrößerung von  $\lambda$  durch die verschiedenen Einflüsse kann nun in der Tat sehr wohl auf einer Vergrößerung des  $z$ -Wertes beruhen. Eine solche  $z$ -Erhöhung würde einer Annäherung von dessen für zweiatomige Gasmolekeln normalem Werte 1,4 an denjenigen 1,67

für einatomige entsprechen. Eine solche Annäherung tritt ein, wenn ein Teil der Molekeln dissociiert wird. Nun findet in der Tat bei den sämtlichen Einflüssen, für die wir die Erhöhung der Schallgeschwindigkeit gefunden haben, auch Ionisation der Gase statt. Wenn man aber aus den Messungen der Leitfähigkeit die Stärke der Ionisation berechnet, so findet man, dass diese nicht zur Erklärung der anzunehmenden  $\alpha$ -Erhöhung genügen würde. Man kann zwei Annahmen machen, um diese Unstimmigkeit zu beseitigen.

Erstens kann man annehmen, dass die zweiatomigen Molekeln in demjenigen Zustande der Lockerung des Atomzusammenhalts, welcher der vollendeten Ionisation voraufgeht, auch schon einen erhöhten  $\alpha$ -Wert ergeben. Diese Annahme habe ich bereits in meiner früheren Mitteilung in diesen Sitzungsberichten gemacht. In Anknüpfung an völlig andere Beobachtungen hat kürzlich auch Herr Max Volmar eine ähnliche Lockerung des Zusammenhalts innerhalb der Molekel angenommen (Leipziger Habilitationsschrift, Ann. Phys. 40, 1913, p. 775). Man kann meine Vorstellungen folgendermassen im Einzelnen durchführen. Ganz allgemein liefert die kinetische Gastheorie das Resultat.

$$\alpha = 1 + \frac{2}{3(1 + dL_i/dL_p)} \cdot \dots \dots \dots (3)$$

wo  $L_i$  die innere, intramolekulare, rotatorische und oscillatorische Bewegungsenergie der Atome, dagegen  $L_p$  die progressive Bewegungsenergie der Molekeln als Ganzes bedeutet. Die Differentiale bedeuten die zusammengehörigen Zuwachse bei Temperaturerhöhung. Wenn bei einem bestimmten Gase ein von der Temperatur unabhängiges Verhältnis von  $L_i$  und  $L_p$  infolge des Ausgleiches durch Zusammenstösse der Molekeln untereinander gewahrt bleibt, so ergibt sich aus der Theorie von Boltzmann für zweiatomige Gas-molekeln für  $\alpha$  der Wert 1,4; für einatomige 1,67, weil für diese  $L_i$  nach seiner Definition gleich Null ist. Bei einem

Gemisch von zweiatomigen und einatomigen Molekeln ergibt sich ein zwischen 1,4 und 1,67 liegender Wert, der nach einer von mir gegebenen Formel aus dem Mischungsverhältnis zu berechnen ist (diese Sitz.-Ber. 1904, p. 57; Ann. d. Phys. **19**, p. 639, 1906). Ausser den völlig ionisierten Molekeln können nun diejenigen, welche durch ionisierende Einflüsse dem Zerfall genähert sind, in der Weise den  $\alpha$ -Wert erhöhen helfen, dass bei ihnen durch den betreffenden Einfluss schon vor Erregung der Schallwellen  $L_i$  einen übernormalen Wert hat. Letzteres entspricht den allgemein geltenden Vorstellungen, dass durch die Ionisatoren zunächst die intramolekulare Energie der einzelnen Atome gesteigert wird, bis diese Steigerung zur Sprengung des Molekularverbandes führt. Bei den Schallschwingungen führen nun die adiabatischen Druckänderungen primär nur Aenderungen von  $L_p$  herbei, durch dessen Wert allein genommen der Druck gegeben ist. Erst durch Ausgleich vermittelt der Zusammenstösse der Molekeln untereinander wird sekundär auch  $L_i$  verändert. Wenn nun  $L_i$  für diejenigen Molekeln, bei denen der Zusammenhalt der Atome gelockert ist, von vorneherein einen übernormalen Wert hat, so sind diese bei den Schallschwingungen unzugänglicher für die Uebertragung neuer Energie auf die Atome von der progressiven Energie  $L_p$  der Molekeln her.

In Gleichung (3) würde dann  $dL_i$  verkleinert sein und  $\alpha$  für solche Molekeln einen grösseren Wert annehmen. In dieser Weise liesse sich verstehen, dass nicht bloss die völlig ionisierten Molekeln, sondern auch diejenigen zu der von uns gefundenen Wirkung beitragen, welche der Ionisation genähert sind.

Zweitens gibt es aber auch noch eine andere Erklärungsmöglichkeit dafür, dass die aus der Leitfähigkeit berechnete Ionisation nicht für die anzunehmende  $\alpha$ -Erhöhung genügt. In Anknüpfung an die Theorien der Autoxydation von Engler und von van 't Hoff hat Herr Richard Ludwig auf die auch sonst bereits früher gemachte Annahme zurück-

gegriffen, dass bei der Ionisation neben elektropositiven und -negativen auch neutrale Atome entstehen (siehe z. B. R. v. Helmholtz und F. Richarz, über die Einwirkung chemischer und elektrischer Prozesse auf den Dampfstrahl und über die Dissociation der Gase, insbesondere des Sauerstoffs; Wied. Ann. 40, 1890, pag. 190, Zeile 13 v. o.). Diese neutralen Atome würden für die Leitfähigkeit ausser Betracht bleiben; sie würden aber vollauf beitragen zur Erhöhung des  $\alpha$ -Wertes. Dissociation von zweiatomigen Gasmolekeln zu elektrisch neutralen Atomen ist in der Tat nachgewiesen bei Chlor und Jod.

Weiterhin könnte auch, wie Gleichung (2) zeigt, der beobachteten Vergrößerung der Wellenlänge  $\lambda$  eine Aenderung von  $p$  oder  $\mu$  zu Grunde liegen. Bei unserer Versuchsanordnung war eine Vergrößerung des mittleren Druckes  $p$  im Versuchsgase so gut wie ausgeschlossen; er war immer sehr nahe gleich einer Atmosphäre. Dagegen könnte eine Verkleinerung der Dichtigkeit  $\mu$  in der Tat eingetreten sein. Und zwar zunächst, wenn Ionisation oder allgemeiner gesagt Dissociation des Gases in den betreffenden Fällen vorlag; die mit ihr verbundene Verkleinerung der Dichtigkeit  $\mu$  hätte dann mit der Vergrößerung von  $\alpha$  zusammen auf Verlängerung von  $\lambda$  hingewirkt. Als Fehlerquelle war ferner bei einigen der Versuche von Herrn W. Küpper eine Erwärmung des Gases eingetreten, die ebenfalls  $\mu$  verminderte. Indessen zeigten Temperaturmessungen von Herrn W. Küpper, dass die Erwärmung keineswegs genügte, um die beobachtete Wellenlängenvergrößerung zu erklären.

Endlich muss noch ins Auge gefasst werden, ob der Uebergang von Gleichung (1) zu Gleichung (2) bei unseren Beobachtungen erlaubt war, d. h. ob das beeinflusste Gas noch als vollkommenes angesehen werden durfte. Wenn dies nicht mehr zutraf, wäre in (1) der Zusammenhang von  $p$  und  $\mu$  nicht durch die idealen Gasgesetze auszudrücken, sondern durch die van der Waals'sche Zustandsgleichung.

Welchen Ausdruck alsdann  $\alpha$  erhält, hat Boltzmann berechnet (Vorlesungen über Gastheorie, II, p. 53, 1898). In dem Nenner des zweiten Gliedes von unserer Gleichung (3) tritt ein Faktor  $(1 - \delta)$  hinzu, wo  $\delta$  eine jedenfalls positive Grösse ist. Darf man also nach Eintritt der untersuchten Einwirkung das zuvor als vollkommenes anzusehende Gas nicht mehr als solches ansehen, so tritt auf jeden Fall eine Erhöhung des  $\alpha$ -Wertes ein. Wie gross diese ist, hängt von den van der Waals'schen Konstanten  $a$  und  $b$  ab. Die soeben mit  $\delta$  bezeichnete Grösse ist, wie die Boltzmann'sche Formel zeigt, direkt proportional  $a$ , also der Kohäsion zwischen den Gasmolekeln. In dem ionisierten Anteil derselben wird nun in der Tat eine sehr kräftige Kohäsion auftreten, infolge der elektrostatischen Anziehung der positiven und negativen Gasionen. Mithin kann auch dieser Umstand mitwirken zu der Vergrösserung der Schallgeschwindigkeit.

Herr Trautz hat erheblich später als wir einen dem von uns nachgewiesenen ähnlichen Effekt bei der Belichtung von Chlor gefunden. Einerseits aber erklärt Herr Trautz seinen Befund wesentlich nur durch Strahlung, während wir auch andere Fälle der Beeinflussung fanden, und zwar diese anderen sogar vor denen durch Strahlung. Andererseits hebt Herr Trautz auch noch verschiedene Unterschiede seiner Beobachtungen gegenüber den unserigen hervor, sodass er der Ansicht ist, es handele sich bei seinen Effekten um etwas Anderes als bei den von uns bereits zwei Jahre zuvor gefundenen. Es bleibt daher zuerst aufzuklären, ob jene Unterschiede tatsächlich bestehen und wesentliche Punkte betreffen. Inzwischen setzen wir unsere Untersuchungen fort.

---

Weiter sprach Herr F. A. Schulze:

**Ueber die spezifischen Wärmen von Flüssigkeiten und über eine die innere Ausdehnungsarbeit von Flüssigkeiten bei Erwärmung betreffende Gesetzmässigkeit.**

1. Vergleich der aus der Schallgeschwindigkeit sich ergebenden Werte von  $\frac{c_p}{c_v}$  mit den aus der Thermodynamik berechneten.

Wie bei Gasen lässt sich auch bei Flüssigkeiten die der direkten experimentellen Bestimmung nicht zugängliche aber theoretisch ausserordentlich wichtige spezifische Wärme bei konstantem Volumen,  $c_v$ , auf dem Umweg über die Schallgeschwindigkeit  $V$  mit Benutzung der direkt gemessenen spezifischen Wärme bei konstantem Druck,  $c_p$ , ermitteln vermöge der Beziehung: 1)  $V = \sqrt{\frac{1}{\text{Kompressibilität} \times \text{Dichte}}}$ . In

dieser Formel ist für die Kompressibilität nicht der Wert für die experimentell stets bestimmte Kompressibilität bei konstanter Temperatur, die isotherme Kompressibilität,  $k_{is}$ , sondern diejenige für adiabatischen Verlauf, die adiabatische Kom-

pressibilität  $k_{ad}$  zu setzen. Nach der Thermodynamik ist allgemein 2)  $k_{ad} = \frac{k_{is}}{\frac{c_p}{c_v}}$ , sodass 3)  $V = \sqrt{\frac{c_p}{c_v} \frac{1}{k_{is} \cdot \rho}}$ , wo  $\rho$  die Dichte ist.

Hieraus folgt 4)  $\kappa = \frac{c_p}{c_v} = V^2 k_{is} \rho$ .

Andererseits folgt aus dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik die allgemeine Formel<sup>1)</sup>: 5)  $c_p - c_v = -\frac{\mathcal{J} \left(\frac{\partial v}{\partial \mathcal{J}}\right)_p^2}{\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_\mathcal{J}}$ ,

wo  $J$  das mechanische Wärmeäquivalent ist. Bei Einführung des Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha = \frac{1}{v_0} \left(\frac{\partial v}{\partial \mathcal{J}}\right)_p$  und der Kompressibilität,  $k_{is} = -\frac{1}{v_0} \left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_\mathcal{J}$  wird 6)  $c_p - c_v = \frac{\mathcal{J} \alpha^2}{J k_{is}} v_0$

(Wird der Ausdehnungskoeffizient definiert durch  $\alpha' = \frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial \mathcal{J}}\right)_p$ , die Kompressibilität durch  $k'_{is} = -\frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_\mathcal{J}$ , so ist  $c_p - c_v$

$= \frac{\mathcal{J} \alpha'^2}{J k'_{is}} v$ ; entsprechend gelten die Formeln:  $c_p - c_v = \frac{\mathcal{J} \alpha}{J k'_{is}} \frac{v_0^2}{v}$  und  $c_p - c_v = \frac{\mathcal{J} \alpha' v^2}{J k'_{is} v_0}$ , wo  $v$  das zur Temperatur  $\mathcal{J}$  gehörende spezifische Volumen ist. Bei Temperaturen in der Nähe von  $0^\circ$  kommt es auf diesen Unterschied wenig an, doch ist bei wesentlich höheren oder tieferen Temperaturen sehr sorgfältig darauf zu achten.)

Gleichung 6) ergibt:

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} = \frac{c_p}{c_p - \frac{\mathcal{J} \alpha^2}{J k_{is}} v_0}$$

1) Vergl. z. B. H. v. Helmholtz, Vorles. üb. theor. Physik, Band VI, herausgeg. von F. Richarz; pag. 227.

In den Tabellen ist meist  $k_{is}$  auf die Atmosphäre bezogen; es sei bezeichnet mit  $k$  ohne Index. Es ist  $k = k_{is} \cdot 1013300$ ; ferner ist  $J = 419 \cdot 10^5 \text{ Erg}$ , mithin

$$7) \alpha = \frac{c_p}{c_v} = \frac{c_p}{c_p - 0,0242 \frac{J v_0 \alpha^2}{k}}$$

Es ist nun von Interesse die aus der Formel 4) mittels der Schallgeschwindigkeit zu berechnende Werte von  $\alpha$  zu vergleichen mit den aus 7) mit Hilfe der Kompressibilität, dem Ausdehnungskoeffizienten, dem spezifischen Volumen und  $c_p$  berechneten Wert von  $\alpha$  zu vergleichen. Findet sich genügende Uebereinstimmung beider Werte, so ist dies eine Stütze für die Richtigkeit der beiden Formeln 3) und 5). Ferner wird dadurch aber weiter auch die Zuverlässigkeit der sehr erheblichen an den direkten Messungen der Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten anzubringenden Kortewegschen Korrektur<sup>1)</sup> gewährleistet, welche die elastische Nachgiebigkeit der Rohrwände in Rechnung zieht. Ein Vergleich der beiden so berechneten Werte von  $\alpha$  ist möglich, nachdem neuerdings von K. Dörsing<sup>2)</sup> und W. Schmidt<sup>3)</sup> die Schallgeschwindigkeit für eine grosse Zahl von Flüssigkeiten bestimmt ist. Leider liegen nicht für alle diese Flüssigkeiten Bestimmungen der Kompressibilität vor; immerhin ist die Rechnung doch für die Mehrzahl möglich. Bei der verhältnismässig grossen Zahl von Einzelbestimmungen, die in die beiden Ausdrücke für  $\alpha$  eingehen, ist natürlich eine sehr grosse Uebereinstimmung nicht zu erwarten; namentlich sind die Werte von  $k$  und  $c_p$  öfters nicht genügend sicher bestimmt, sodass eine Abweichung von 5 bis 10 % meist wohl auf mangelnde Genauigkeit der Versuchsdaten zurückzuführen ist. Der Rechnung sind die zur Zeit zuverlässigsten dem

1) D. Z. Korteweg, Wied. Ann. **5**. 525. 1878.

2) K. Dörsing, Inaug. Diss., Bonn 1907; Ann. d. Phys. **25**. 227. 1908.

3) W. Schmidt, Wiener Ber. (IIa) **114**. 945. 1905.

Tabellenwerk von Landolt, Börnstein und Roth entnommenen Daten zu Grunde gelegt.

Tabelle 1.

Substanz	$\alpha = \frac{c_p}{c_v}$ nach Gl. 4)	$\alpha$ nach Gl. 7)
Schwefelkohlenstoff	1,50	1,59
Terpentinöl	1,20	1,29
Aethyläther	1,37	1,37
Aethylalkohol	1,25	1,22
Benzol	1,37	1,45
Petroleum	1,23	1,27
Salpetersäure konc.	1,41	1,36
Schwefelsäure 70 %	1,23	1,19

Die Zahlen gelten für Zimmertemperatur.

Wie man sieht, ist die Uebereinstimmung befriedigend.

Für Chloroform ist der Vergleich nicht möglich, da in der Literatur zwei gänzlich verschiedene Werte von  $k$  vorliegen:  $63,5 \cdot 10^{-6}$  und  $120 \cdot 10^{-6}$ .

Beide Werte scheinen nicht richtig zu sein. Der erste ergibt für  $\alpha$  nach 4) bezw. 7) die Werte:  $\alpha = 2,0$  (!) bezw.  $0,90$  (!), der zweite  $1,36$  bezw.  $1,71$ .

Man kann hier versuchen, durch Kombination von 3) und 5) den Wert der isothermen Kompressibilität zu berechnen.

Es ist  $\alpha = V^2 k_{is} \varrho = \frac{c_p}{c_p - 0,0242 \mathcal{A} v_0 \alpha^2}$ , woraus

$$k_{is} = \frac{V^2 \varrho \cdot 0,0242 \mathcal{A} v_0 \alpha^2 + c_p}{V^2 c_p \varrho}.$$

Einsetzung der Werte gibt für Chloroform:  $\alpha = 101 \cdot 10^{-6}$ , also einen zwischen den beiden obigen gelegenen Wert. Eine Neubestimmung von  $k_{is}$  ist wünschenswert.

Wasser. Von besonderem Interesse sind die Verhältnisse bei Wasser, insbesondere die Abhängigkeit von der Temperatur. Die in Lehrbüchern vielfach als ausgezeichnete Bestätigung der Theorie hervorgehobene Uebereinstimmung

der experimentell gefundenen Schallgeschwindigkeit in Wasser mit der nach der Formel  $V = \sqrt{\frac{1}{k \cdot \rho}}$  berechneten verlangt, um zwingend zu sein, noch den Nachweis, dass bei der Beobachtungstemperatur die bei der Rechnung hierbei benutzte isotherme Kompressibilität der adiabatischen praktisch gleich, also  $\alpha = 1$  ist.

Dies ist nun bei gewöhnlicher Temperatur, wie die Rechnung zeigt, bei Wasser in der Tat der Fall, weil für diese der Ausdehnungskoeffizient ausserordentlich klein, also  $c_p$  fast gleich  $c_v$  ist. Dagegen erhält man für höhere Temperaturen beträchtliche Abweichungen der isothermen von der adiabatischen Kompressibilität. Die folgende Tabelle enthält für Wasser von 10 zu 10 Grad die experimentell bestimmten isothermen Kompressibilitäten  $k_{is}$ , die nach 7) berechneten Werte von  $\alpha = \frac{c_p}{c_v}$ , die aus  $k_{is}$  und  $\alpha$  berechneten Werte der adiabatischen Kompressibilität  $k_{ad} = \frac{k_{is}}{\alpha}$ , sowie die aus 3) folgenden Werte der Schallgeschwindigkeit  $V = \sqrt{\frac{1}{k_{ad}\rho}}$ , ferner die ohne Berücksichtigung von  $\alpha$  sich ergebenden Werte der Schallgeschwindigkeit  $V' = \sqrt{\frac{1}{k_{is}\rho}}$ .

Tabelle 2.

$t$	$k_{is} 10^6$	$\alpha = \frac{c_p}{c_v}$	$k_{ad} 10^6$	$V$	$V'$
0°	52,1	1,000	52,1	1405 $\frac{m}{sec}$	1405
4°	49,6	1,000	49,6	1425	1425
10°	48,9	1,002	48,8	1454	1454
20°	46,3	1,006	45,8	1489	1489
30°	44,2	1,014	43,5	1531	1531
40°	42,7	1,027	41,4	1581	1540
50°	41,6	1,038	40,0	1595	1576
60°	40,8	1,062	38,5	1642	1605

$t$	$k_{is} 10^6$	$z = \frac{c_p}{c_v}$	$k_{ad} 10^6$	$V$	$V'$
70°	40,9	1,080	37,9	1661	1593
80°	41,5	1,100	37,7	1661	1586
90°	42,1	1,110	37,9	1667	1582
100°	43,0	1,114	37,6	1678	1572

Der wirkliche Wert  $V$  der Schallgeschwindigkeit nimmt also ständig, wenn auch langsam, mit der Temperatur zu. Setzt man mit Nichtberücksichtigung des Unterschieds zwischen der isothermen und der adiabatischen Kompressibilität erstere in die Formel 1) für die Schallgeschwindigkeit ein, so kommt man im Gegensatz zu dem eben Gesagten zu der Folgerung, dass die Schallgeschwindigkeit im Wasser bei etwa 65° ein Maximum haben müsse entsprechend dem bei dieser Temperatur gelegenen Minimum der isothermen Kompressibilität.<sup>1)</sup>

Die einzige vorliegende Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Wasser bei höheren Temperaturen, durch W. Schmidt (l. c.), ergab allerdings ein Maximum bei 70°, doch fällt die Abweichung gegen die Werte bei hohen Temperaturen schon in die Beobachtungsfehler, sodass dieses Maximum vielleicht nicht sicher ist. Auch sollten nach dem Prinzip der Methode die am Wasser gewonnenen Werte nur dazu dienen, aus ihnen die an allen Bestimmungen notwendige sehr erhebliche Korrektur für die aus den Experimenten folgende adiabatische Kompressibilität zu ermitteln.

Es sei auch noch darauf hingewiesen, dass die von Schmidt aus seinen Versuchen bei Wasser bei höheren Temperaturen ermittelten Korrekturen zu klein sind, da die isothermen Kompressibilitäten zu Grunde gelegt werden, die bei 90° schon 10% grösser sind als die adiabatischen. Benutzt man die in der vorigen Tabelle angegebenen Werte der adiabatischen Kompressibilität, so erhält man (für die von Schmidt benutzte spezielle Glasröhre) andere und zwar grössere

1) Vgl. z. B. Winkelmanns Handbuch d. Physik II, pag. 542.

Werte für die Korrekturen. Die Werte sind folgende (die zweite Zeile enthält die von Schmidt angegebenen):

Korrektur. $10^6$	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°
adiabatisch	27,9	29,1	30,1	30,9	31,9	32,8	33,9	35,4	37,6
isotherm (Schmidt)	27,6	28,5	28,8	29,2	29,6	29,8	30,1	31,2	

Hierdurch wird auch ein Teil der Diskrepanz der Korrekturwerte erklärt, die W. Schmidt bei Benzol bei höheren Temperaturen gegenüber den Korrekturen bei Wasser bei derselben Temperatur fand. Während sie für dieselben Temperaturen gleiche Werte haben sollten, fand sie Schmidt bei Benzol beträchtlich grösser bei höheren Temperaturen. Dabei sind die wahren Werte von  $k_{ad}$  aus der isothermen berechnet als  $k_{ad} = \frac{k_{is}}{z}$ , wo  $z = \frac{c_p}{c_v}$  nach 7) berechnet ist.

Die direkt gefundenen unkorrigierten Werte von  $k_{ad}$  seien mit  $k_{ad}^\times$  bezeichnet, die berechneten mit  $k_{ad}$ . Die Werte von  $z$  habe ich nochmals berechnet, die von Schmidt berechneten sind in Klammern daneben gesetzt.

Temp.	$k_{is} \cdot 10^6$	$z = \frac{c_p}{c_v}$	$k_{ad} \cdot 10^6$	$k_{ad}^\times \cdot 10^6$	Korrektur = $10^6 (k_{ad} - k_{ad}^\times)$
20°	91,3	1,483 (1,43)	61,6 (63,8)	92,8	— 31,2 (29,2)
40°	105,1	1,468 (1,40)	71,7 (75,1)	107,6	— 35,9 (32,5)
60°	117,1	1,434 (1,41)	81,7 (83,1)	126,8	— 45,1 (43,7)
70°	124,8	1,416 (1,44)	88,2 (86,9)	137,9	— 49,7 (62,1)

Von 20° bis 70° nimmt also die Korrektur um 60% zu. Immerhin bleiben noch 43% unerklärt (gegen 52% bei W. Schmidt).

Eine gewisse, wenn auch nicht genaue Prüfungsmöglichkeit liegt ferner noch vor für eine Anzahl von wässrigen Lösungen, für die von W. Schmidt die Schallgeschwindigkeit (direkt die adiabatische Kompressibilität), von W. C. Röntgen

und Schneider<sup>1)</sup> die relativen scheinbaren isothermen Kompressibilitäten  $w$  bestimmt sind. Aus ihnen sind die absoluten Kompressibilitäten  $k_{is}$  als  $k_{is} = 0,0000438 w + 0,000029$  berechnet. Die Unsicherheit für  $k_{is}$  beträgt jedenfalls nur wenige Prozent. Es kann sich hierbei natürlich nur um eine annähernde Prüfung handeln. Es kommen hier als zur Rechnung verwendbar in Betracht mehrere Lösungen von  $NaCl$  bis 26<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub>  $Na_2SO_4$ , 11,7<sup>0</sup>/<sub>0</sub>  $KNO_3$ , 8,8<sup>0</sup>/<sub>0</sub>  $HNO_3$ . Es müssen dabei meist Interpolationen vorgenommen werden. Bei der geringen Konzentration sind nun die Werte von  $\alpha = \frac{c_p}{c_v}$  nahe demjenigen von reinem Wasser, also sehr nahe gleich 1. Für  $NaCl$  berechnet sich nach 7) bei Zunahme der Konzentration bis zu 26<sup>0</sup>/<sub>0</sub> eine Zunahme von  $\alpha = \frac{c_p}{c_v}$  von 1,00 auf 1,05; entsprechend ergibt sich aus der Schallgeschwindigkeit ebenfalls eine allerdings nicht ganz regelmässige Zunahme von  $\alpha$  um 3<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Eine eingehendere Prüfung ist für Schwefelsäure möglich. Die Rechnung ergibt folgendes:

Schwefelsäure.

0/0	$\alpha = \frac{c_p}{c_v}$ nach 7)	$\alpha$ aus der Schallgeschw.
7	1,02	1,05
16,4	1,05	1,10
20	1,07	1,10
21	1,08	1,11
28,6	1,08	1,15
31,1	1,08	1,16
44,7	1,09	1,19
50,6	1,10	1,22
63,6	1,19	1,23
72	1,19	1,23
91,7	1,31	1,25

In Anbetracht der Schwierigkeit der Einzelmessungen ist die Uebereinstimmung wohl befriedigend.

1) W. C. Röntgen und Schneider, Wied. Ann. 29 p. 165. 1886.

2. Die empirische Konstanz von  $M(c_p - c_v)$  für nicht associierende Flüssigkeiten und ihre theoretische Begründung.

Wie aus den in Tabelle 1 mitgetheilten Zahlen ersichtlich, ist für manche Flüssigkeiten im Gegensatz zu der vielfach in Lehrbüchern ausgesprochenen Ansicht, der Wert von  $\alpha = \frac{c_p}{c_v}$  erheblich grösser als 1, sodass also für diese die innere Energie nicht nur wesentlich durch die Temperatur bedingt ist, sondern auch vom Volumen abhängt. Es schien mir von Interesse, aus der Gleichung 6) für alle Flüssigkeiten, für welche die erforderlichen Daten vorliegen, den Wert von  $c_p - c_v$  und nach 7) den Wert von  $\alpha = \frac{c_p}{c_v}$  zu berechnen.

Es ergab sich dabei zunächst, dass für einige Flüssigkeiten der Wert von  $\alpha = \frac{c_p}{c_v}$  ausserordentlich grosse Werte hat. Der grösste Wert ergab sich für Aethylbromid,  $\alpha = 1,87$ ; für diese Flüssigkeit ist also die bei Erhöhung der Temperatur um  $1^\circ$  zur inneren Ausdehnungsarbeit aufzuwendende Wärmemenge fast ebenso gross wie die zur Erhöhung der Temperatur notwendige. (Die äussere Ausdehnungsarbeit ist so gering, dass sie gar nicht in Betracht kommt.) Ferner ergab sich, dass ausser für die Alkohole, Wasser, Brom, Quecksilber und Natrium für sämtliche der Berechnung zugängigen Flüssigkeiten das Produkt aus dem Molekulargewicht und  $c_p - c_v$ ,  $M(c_p - c_v)$  annähernd denselben um 10 cal liegenden Wert hat.

In den folgenden Tabellen sind die Molekulargewichte, die Werte der betr. Temperatur,  $c_p - c_v$ ,  $\alpha = \frac{c_p}{c_v}$ , die Werte von  $M(c_p - c_v)$ , sowie die nach den folgenden Ueberlegungen

für die Erklärung dieser Gesetzmässigkeit in Betracht kommenden Werte der kritischen Temperatur und der in Celsiusgraden gemessene Wert der Temperatur für die reduzierte Temperatur  $\frac{1}{2}$ .

Substanz	$M$	$t$	$c_p - c_v$	$\alpha = \frac{c_p}{c_v}$	$M(c_p - c_v)$	$T_k$	$t$ für $\beta = \frac{T}{T_k} = \frac{1}{2}$
Aethyläther	74	15°	0,144	1,37	10,6	467	— 40°
Aethylnitrat	91	0°	0,106		9,6		
Aethyljodid	156	10°	0,065	1,65	10,1	554	+ 4°
Aethylbromid	109	10°	0,100	1,87	10,9	499	— 23°
Aethylchlorid	64	0°	0,195	1,83	12,5	456	— 45°
Aethylazetat	72	20°	0,129	1,37	9,3	523	— 12°
Aethylenchlorid	98	10°	0,105	1,50	10,3	561	+ 7°
		75°	0,100	1,45	9,8		
Aceton "	58	20°	0,162	1,44	9,4	510	— 17°
Xylol	106	0°	0,105	1,35	9,8	619	+ 32°
"		100°	0,108		11,4		
Cymol	134	0°	0,084		11,2	652	+ 50°
"		100°			12,9		
Toluol	92	0°	0,113	1,45	10,4	594	+ 24°
"		66°	0,115	1,31	10,6		
"		100°	0,116	1,27	10,7		
Methylazetat	74	14°	0,136		10,1	507	— 19°
"		100°	0,146		10,8		
Methylbutyrat	102	10°	0,106		10,8	554	+ 4°
"		62°	0,124		12,4		
Benzol "	78	6°	0,127	1,44	9,9	562	+ 9°
"		50°	0,140	1,45	10,9		
"		79°	0,143	1,43	11,1		
Fluorbenzol	92	14°	0,103		9,9	560	+ 7°
"		35°	0,101		9,7		
"		100°	0,112		10,8		
Chlorbenzol	112,5	13°	0,088		9,9	633	+ 43°
"		35°	0,088	1,37	9,9		
"		100°	0,087	1,47	9,8		
Pentan	72	0°	0,102	1,25	7,4	470	— 34°
Hexan	86	23°	0,132	1,33	10,7	508	— 19°
Heptan	100	23°	0,102	1,26	10,2	540	— 3°
Schwefelkohlenstoff	76	20°	0,090	1,59	6,9	546	0°
Tetrachlorkohlenstoff	154	16°	0,063	1,36	10,1	556	+ 5°
Essigsäure	60	0°	0,187	1,67	10,6	595	+ 24°
Salpetersäure	63	16°	0,160	1,36	10,1		
Chloroform	119	15°	0,074	1,36	8,8	533	— 7°

Substanz	$M$	$t$	$c_p - c_v$	$\alpha = \frac{c_p}{c_v}$	$M(c_p - c_v)$	$T_k$	$\vartheta = \frac{t}{T_k} = \frac{1}{2}$ für
Wasser	18	0°	0,0005	1,0005	0,0090	647	+ 50°
"		20°	0,006	1,006	0,108		
"		60°	0,058	1,038	1,04		
"		100°	0,123	1,114	2,21		
Allylkohol	58	10°	0,115	1,24	6,67	545	0°
Butylalkohol	74	17°	0,067	1,15	4,96	544	- 1°
Amylalkohol	88	0°	0,082	1,20	7,23	621	+ 37°
"		60°	0,090	1,15	7,90		
"		100°	0,097	1,13	8,50		
Aethylalkohol	46	0°	0,099	1,22	4,53	516	- 16°
"		40°	0,110	1,21	5,06		
"		80°	0,131	1,20	6,03		
Propylalkohol	60	0°	0,056	1,12	3,37	537	- 9°
"		50°	0,124	1,21	7,4		
"		100°	0,179	1,21	10,7		
Isopropylalkohol	60	20°	0,084	1,24	8,2	516	- 15°
Methylalkohol	32	0°	0,103	1,21	3,29	513	- 17°
"		60°	0,126	1,21	5,18		
Glyzerin	92	20°	0,056	1,21	5,15		
Brom	80	0°	0,048	1,81	3,84	575	+ 14°
Quecksilber	200	20°	0,0041	1,14	0,82	1543	~ + 500
Kalium	39	67,6°	0,020	1,11	0,79		
		90,0°	0,022	1,11	0,83		

Aus den in der fünften Kolumne angegebenen Werten von  $M(c_p - c_v)$  sieht man, dass dieses Produkt, welches die innere molekulare Arbeit bei Erwärmung um 1° vorstellt, für die meisten Flüssigkeiten nahezu konstant ist; es schwankt um den Wert 10. Eklatante Ausnahmen bilden Wasser, die Alkohole, Brom, Quecksilber und Kalium.

Es ist nun möglich, eine theoretische Deutung sowohl der Konstanz von  $M(c_p - c_v)$ , als auch der Ausnahmen von dieser empirisch ermittelten Gesetzmässigkeit zu geben. Sie ist enthalten in dem Gesetz der übereinstimmenden Zustände.

Wir gehen aus von der Gleichung 6)

$$c_p - c_v = - \frac{\vartheta \left( \frac{\partial v}{\partial \vartheta} \right)^2}{J \left( \frac{\partial v}{\partial p} \right) \vartheta} p;$$

wofür auch geschrieben werden kann :

$$c_p - c_v = - \frac{T \left[ \frac{1}{v} \left( \frac{\partial v}{\partial \mathcal{F}} \right)_p \right]^2}{J \frac{1}{v} \left( \frac{\partial v}{\partial p} \right)_{\mathcal{F}}} \cdot v$$

Nach der Theorie der übereinstimmenden Zustände sind nun die relativen Volumänderungen  $\frac{1}{v} \left( \frac{\partial v}{\partial \mathcal{F}} \right)_p$  umgekehrt proportional der kritischen Temperatur  $T_k$ , wenn man die Substanzen bei übereinstimmenden Zuständen vergleicht. Ferner sind bei übereinstimmenden Zuständen die Kompressibilitäten  $-\left( \frac{1}{v} \frac{\partial v}{\partial p} \right)_{\mathcal{F}}$  dem kritischen Druck umgekehrt proportional. Demnach wird, wenn  $\frac{1}{v} \frac{\partial v}{\partial \mathcal{F}} \cdot T_k = A$  und  $\frac{1}{v} \frac{\partial v p_k}{\partial p} = B$ ,  $c_p - c_v = - \frac{T A^2}{J B} \frac{v p_k}{T_k^2}$ , oder bei Zusammenfassung von  $\frac{A^2}{J B}$  zu einer neuen Konstanten  $C$ ,  $c_p - c_v = C \frac{T}{T_k} \frac{v}{v_k} \frac{p_k}{T_k}$ .

Nun ist ferner  $\frac{p_k v_k}{T_k}$  für alle Substanzen konstant, wenn man unter  $v_k$  nicht, wie hier das Volumen von 1 gr, sondern von 1 Grammmolekül der Substanz versteht; es ist also  $\frac{p_k v_k}{T_k} M = D$ ; setzt man noch  $D \cdot C = c$ , so wird  $M(c_p - c_v) = c \cdot \frac{T}{T_k} \frac{v}{v_k}$ , und da wir übereinstimmende Zustände voraussetzen, ist auch  $\frac{T}{T_k} \frac{v}{v_k}$  konstant, sodass man also sagen kann:

In übereinstimmenden Zuständen, bei übereinstimmenden Werten von Temperatur und Druck, hat die innere molekulare Arbeit bei Erwärmung um  $1^\circ$  für alle Flüssigkeiten denselben Wert.

Nun liegen, wie aus der sechsten Kolumne ersichtlich, für die meisten Flüssigkeiten die kritischen Temperaturen nicht sehr weit von einander, um  $500^{\circ}$ , sodass also auch übereinstimmende Temperaturen einander nahe liegen; die sechste Kolumne gibt z. B. die der reduzierten Temperatur  $\vartheta = \frac{T}{T_k} = \frac{1}{2}$  entsprechenden Werte, die ausser bei Quecksilber (und Kalium) um  $0^{\circ}$  Celsius liegen.

Bei der geringen Aenderung der Eigenschaften einer Flüssigkeit mit dem Druck kann, wie bekannt, mit genügender Annäherung der Atmosphärendruck als übereinstimmender Druck angesehen werden.

Hiermit ist zunächst die empirisch gefundene Konstanz von  $M(c_p - c_v)$  für die Mehrzahl der zur Berechnung herangezogenen Flüssigkeiten erklärt.

Die Ausnahmen erklären sich nun hiernach ebenfalls in einfacher Weise. Zunächst sind Wasser und die Alkohole, wie man aus der Ausnahmestellung dieser Flüssigkeiten in anderer Beziehung z. B. der Troutonschen Regel, der Temperaturabhängigkeit der molekularen Oberflächenenergie, der anomalen Dispersion elektrischer Wellen, schliesst, im flüssigen Zustand associiert. Es hat  $\frac{p_k v_k}{T_k} M$  nicht den Normalwert, also kann auch obige Regel nicht mehr gelten. Man könnte vielleicht auch aus dem gefundenen Wert von  $M(c_p - c_v)$  auf den Grad der Association schliessen, doch sind die Schlüsse hieraus wohl nicht recht sicher. Ferner ist Brom bereits im Dampfzustand zweiatomig, sodass es sicher wohl auch im flüssigen Zustand associiert ist.

Bei Quecksilber und Kalium endlich ist die kritische Temperatur so hoch, dass die Zimmertemperatur nicht mehr mit den übrigen übereinstimmende Temperatur ist. Der Wert 10 für  $M(c_p - c_v)$  würde bei Quecksilber erst bei ca.  $500^{\circ}$  C zu erwarten sein. Die Beobachtungsdaten reichen

leider nicht aus, um diese Folgerung zu prüfen. Auch ist es hier bei dem hohen Wert der kritischen Temperatur ( $p_k > 1000$  Atmosphären) fraglich, ob der Atmosphärendruck noch als übereinstimmender Druck gerechnet werden kann.

Es sei schliesslich darauf aufmerksam gemacht, dass für die normalen Substanzen  $M(c_p - c_v)$  nur in geringem Mass mit der Temperatur zunimmt, während es für die Alkohole meist viel stärker mit der Temperatur steigt, entsprechend einer mit steigender Temperatur abnehmender Molekülassociation. Eine Ausnahme bildet nur die Essigsäure; für diese sollte man entsprechend der sonst vermuteten beträchtlichen Association einen anormalen Wert von  $M(c_p - c_v)$  erwarten, während es hier den Normalwert hat; vielleicht ist die einzige vorliegende Bestimmung der Kompressibilität, die schon sehr weit zurückliegt, nicht richtig, sodass der Normalwert von  $M \cdot (c_p - c_v)$  durch einen anderen zu ersetzen ist.

---

Hierauf spricht Herr Eduard Müller:

### **Zur Anatomie der Bronchialmuskulatur**

(nach Untersuchungen des früheren Medizinalpraktikanten der Poliklinik, Herrn Huckert am hiesigen anatomischen Institut).

In der klinischen Medizin wird — ganz im Einklang mit den Darstellungen in den Lehrbüchern der Anatomie — fast allgemein die Auffassung vertreten, dass die intrapulmonären Bronchien über eine besondere Ring- und Längsmuskulatur verfügen. Tonische Spasmen der „Ringmuskulatur“ spielen ja bei der Pathogenese des asthmatischen Anfalls eine grosse Rolle.

Um eine sichere anatomische Grundlage für seine gemeinschaftlichen Versuche mit A. Lohmann über Physiologie der Bronchialmuskulatur zu schaffen, hatte er den früheren Medizinalpraktikanten der Poliklinik, Herrn Huckert, gebeten, am hiesigen anatomischen Institut genauere Studien über den Bau der Bronchialmuskulatur anzustellen (anfänglich unter Kontrolle von Prof. Disse, später von Privatdozent Dr. Veit und Geheimrat Gasser). Es wurden Lungenschnitte studiert von einem 28 Wochen alten Fötus; es wurden ferner Bronchien in toto untersucht, als auch in Längs-, Quer- und Schrägschnitten von der Lunge eines Neugeborenen, eines dreijährigen Kindes und eines Erwachsenen. Die Präparate wurden mit Hämalaun oder Hämatoxylin vorbehandelt und mit Eosin nachgefärbt.

Diese Untersuchungen des Herrn Huckert ergaben nun, dass die Angaben der meisten früheren Untersucher, es handele sich an den intrapulmonären Bronchien um eine durch Anastomosen verbundene Ringmuskulatur, nicht aufrechterhalten werden kann. Die Bronchialmuskulatur

der in situ gehärteten Lungen bildet vielmehr ein ziemlich weitmaschiges Netzwerk, bei dem die ganz überwiegende Mehrzahl der Fasern in einer zur Längsachse des Bronchus schrägen Richtung verläuft. Weder auf reinen Quer- noch auf Schrägschnitten in irgend einem beliebigen Winkel zur Längsachse kann man geschlossene Ringe finden. Eine eigentliche Längsmuskulatur gibt es gleichfalls nicht. Die Grösse der Muskelmaschen und damit die Dichte der Muskulatur hängt in erster Linie davon ab, ob die untersuchte Lunge im uneröffneten Thorax gehärtet oder durch Sektion gewonnen wurde. Hierauf beruht wohl auch der Unterschied in den Angaben der älteren Autoren über die Dichte der Muskelschicht. In den durch Sektion gewonnenen kollabierten Lungen liegen die einzelnen Züge manchmal so nahe beieinander, dass sie eine Ringmuskulatur vortäuschen können. Auch bei dem untersuchten Embryo lagen die einzelnen Faserzüge enger aneinander als beim Neugeborenen, der schon geatmet hatte und dessen Lungen bei geschlossenem Thorax gehärtet waren.

Es fand sich ferner, dass die Muskulatur an den knorpellosen Bronchien wohl quantitativ vermindert, aber doch relativ viel stärker ist als an den durch Knorpel gestützten Aesten. Dieses relative Stärkerwerden tritt allmählich auf; schon vom Hilus an wird die Muskelschicht in dem Masse dichter als die Knorpelstreifen kleiner werden und weiter von einander stehen. Die beigegebenen Abbildungen 1, 2, zeigen dies. Beim knorpellosen Bronchus liegen die einzelnen Züge ziemlich dicht aneinander und nähern sich mehr dem zirkulären Verlauf, ohne dass jedoch auch hier jemals ein geschlossener Ring vorhanden wäre.

Was die Endausbreitung der Bronchialmuskulatur betrifft, so liessen sich die Muskelfasern bis in den Anfang der Alveolengänge hinein verfolgen. Ein sog. Sphinkter fand sich nirgends. In der weiteren Wandung der Alveolen-

gänge konnten zwar Muskelfasern nachgewiesen werden; sie lagen jedoch stets derart in der Nähe von Gefässen, dass sie wohl diesen zugerechnet werden müssen.

Die Muskulatur eines jeden Lappens bildet ein zusammenhängendes Ganzes. Den Anfang des Netzwerkes des Ober- und Mittellappens bilden die spärlichen Längsfasern an den extrapulmonären Bronchien, indem sie am Hilus zu schrägem Verlauf umbiegen und durch Anastomosen miteinander zu einem Netzwerk in Verbindung treten (Abbild. 3).

Ob die Muskulatur des Unterlappens auch mit diesen Längszügen in Verbindung steht oder mit den transversalen Zügen des extrapulmonären Bronchus liess sich nicht entscheiden.

An der Abgangs- und Teilungsstelle des Bronchus geht kurz vor der Teilung aus einem schräg verlaufenden Muskelbündel ein Zug hervor, der steil aufsteigend sich um den einen Bronchus herumschlingt und den Anfang eines neuen Netzwerkes bildet, das aber durch Anastomosen mit dem ursprünglichen Netzwerk sowohl unter- als auch oberhalb der Teilungsstelle verbunden ist. Es ist bei der anatomischen Anordnung der intrapulmonären Bronchialmuskulatur selbstverständlich, dass ihre Kontraktionen nicht nur zur Verengerung, sondern gleichzeitig auch zur Verkürzung des Bronchialbaumes führen. Herr Huckert hat dies auch am ausgeschnittenen überlebenden Bronchus nachgewiesen.

Hierauf werden noch folgende Abbildungen demonstriert:

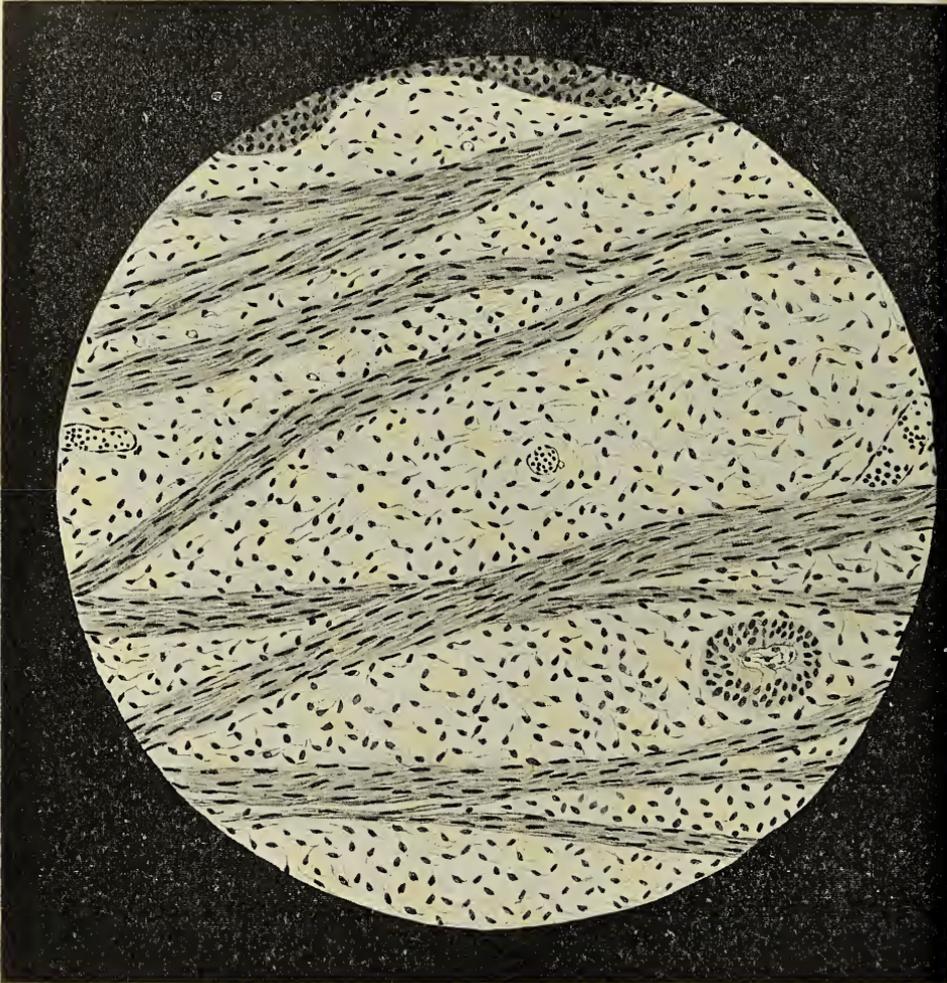


Abb. 1: Neugeborenes Kind. Muskulatur kurz hinter der Teilung  
des Bronchus extrapulmonalis.

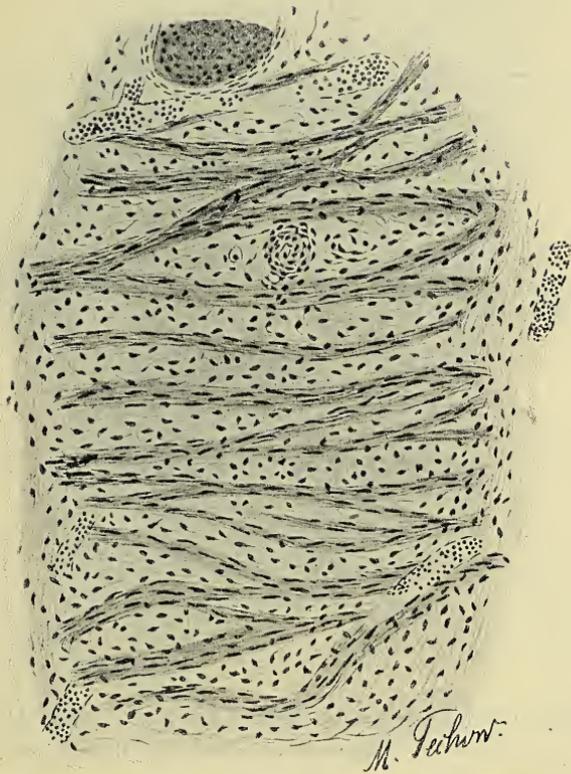
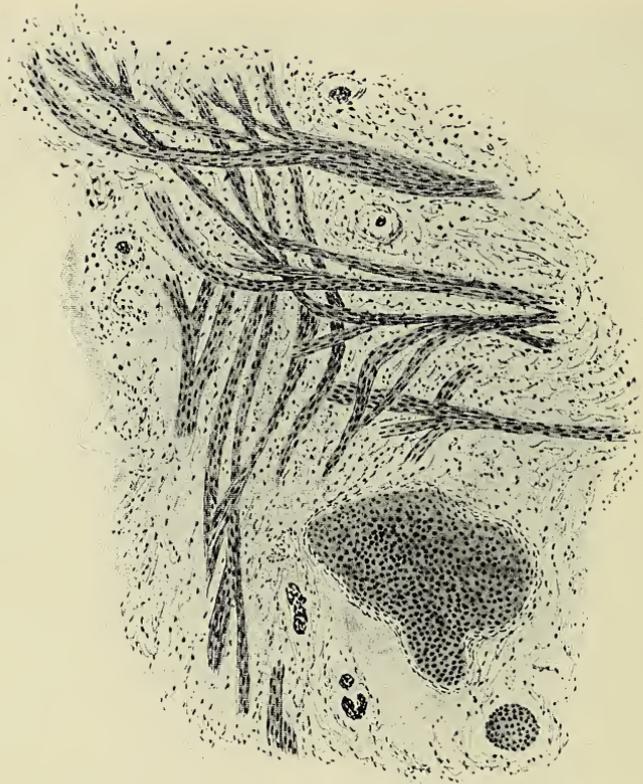


Abb. 2: Neugeborenes Kind. Muskulatur an einem  
Bronchus von 0,8 mm Durchmesser.



*M. Fehow.*

Abb. 3: Fötus von 28 Wochen. Anfang der Bronchialmuskulatur am Hilus; rekonstruiert aus 6 Schnitten.

---

In der Wahlsitzung wurden die bisherigen ausserordentlichen Mitglieder Herr Prof. Dr. Lohmann und Herr Prof. Dr. Eduard Müller, ferner Herr Prof. Dr. Schultze Jena zu ordentlichen Mitgliedern gewählt.

---

# Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der  
gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

---

---

Nr. 4

Juni

1913

---

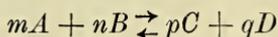
---

In der Sitzung am 11. Juni sprach Herr A. Thiel:

## Ueber eine Grundfrage aus der Lehre von den heterogenen chemischen Gleichgewichten.

Neben dem Massenwirkungsgesetze und der Phasenregel darf und muss auch die Molekulartheorie zur Erklärung chemischer Gleichgewichtszustände herangezogen werden, namentlich seit in neuerer Zeit der Nachweis der reellen Existenz der Molekeln gelungen ist, und es erscheint zeitgemäss, in einzelnen Fällen vorhandene Widersprüche zwischen den Folgerungen aus den genannten drei Prinzipien endgültig zu beseitigen.

Das Massenwirkungsgesetz verlangt, dass für eine Reaktion von dem allgemeinen Schema



im Gleichgewichte die Beziehung gilt:

$$\frac{[A]^m \cdot [B]^n}{[C]^p \cdot [D]^q} = K,$$

wenn wir mit den eingeklammerten Symbolen die Konzentrationen der Reaktionsteilnehmer bezeichnen.  $K$  ist dann die Gleichgewichtskonstante der Reaktion.

Nach der Phasenregel ergibt sich die Zahl der Freiheiten, d. h. der Möglichkeiten, die äusseren Bedingungen (Druck und Temperatur) sowie die Phasenzusammensetzung zu variieren, zu

$$F = B - P + 2,$$

wenn  $F$  die Anzahl der Freiheiten,  $B$  diejenige der Bestandteile und  $P$  die der Phasen bedeutet. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass die Phasenzusammensetzung höchstens in  $(B - 1)$  facher Weise variiert werden kann. Denn wenn wir sie durch die Beteiligung der einzelnen Bestandteile in Molprozenten des Ganzen ausdrücken, können wir z. B. bei 2 Bestandteilen nur die Konzentration des einen davon frei wählen; die des andern ist damit gleichzeitig festgelegt. Bei einem einzigen Bestandteil ist natürlich überhaupt keine Verschiedenheit der Phasenzusammensetzung möglich. Um die Zusammensetzung bei 3 Bestandteilen zu definieren, müssen wir eine Verfügung über die Beteiligung zweier von ihnen treffen usw.

Die Molekulartheorie verlangt endlich, dass im Gleichgewichte, das ja nicht als Ruhezustand, sondern als dynamisches System aufgefasst werden muss, die Geschwindigkeit der beiden einander entgegenwirkenden Reaktionen gleich gross ist, d. h. in der Zeiteinheit gleich viele Molekeln irgend eines Reaktionsteilnehmers verbraucht werden und wieder entstehen.

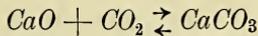
Die zu lösenden Widersprüche betreffen nun folgende Fälle:

1. Widerspruch zwischen Massenwirkungsgesetz und Phasenlehre einerseits und Molekulartheorie andererseits.

Dieser schon lange bekannte Widerspruch liegt vor in Systemen aus zwei festen Phasen und einer gasförmigen Phase von der Art des Systems  $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{CO}_2$ .

Durch das Experiment ist festgestellt, dass bei der thermischen Zersetzung des Calciumcarbonats jeder Temperatur ein bestimmter Zersetzungsdruck d. h. eine bestimmte Konzentration des mit den beiden festen Stoffen  $CaO$  und  $CaCO_3$  im Gleichgewicht befindlichen  $CO_2$ -Gases entspricht. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit dem Massenwirkungsgesetze. Denn feste Stoffe sind (in reinem Zustande) Phasen von konstanter Konzentration und „konstanter Wirksamkeit“. Am zweckmässigsten deutet man dies so, dass reinen festen Stoffen bei gegebener Temperatur ein konstanter Dampfdruck zukommt, dass also die Gegenwart solcher festen Stoffe Konstanz der Konzentration ihres Dampfes (und sei diese auch noch so klein) im Gasraume gewährleistet.

Wir erhalten somit für eine gegebene Temperatur entsprechend dem Reaktionsschema



die Gleichung

$$\frac{[CaO] \cdot [CO_2]}{[CaCO_3]} = K$$

und, wenn wir für  $[CaO]$  und  $[CaCO_3]$  die Konstanten  $k_1$   $k_2$  einführen,

$$[CO_2] = K \cdot \frac{k_2}{k_1} = K'.$$

Das bedeutet aber bei Temperaturkonstanz konstante  $CO_2$ -Konzentration, und da diese für den Druck massgebend ist, konstanten Druck, unabhängig von der Menge des vorhandenen  $CaO$  und  $CaCO_3$ , entsprechend den Ergebnissen des Versuches. Bei anderen Temperaturen hat  $[CO_2]$  andere Werte, weil  $K$ ,  $k_1$  und  $k_2$  selbst Temperaturfunktionen sind.

Die Anwendung der Phasenlehre liefert folgendes Resultat:

Als Bestandteile wählen wir am zweckmässigsten  $CaO$  und  $CO_2$ ; denn aus diesen beiden Stoffen können wir alle vorkommenden Phasen aufbauen, ohne einen Bestandteil

negativ rechnen zu müssen. Dann ist bei 3 Phasen ( $CaO$  fest,  $CaCO_3$  fest,  $CO_2$ -Gas)

$$F = B - P + 2 = 2 - 3 + 2 = 1.$$

Dieses Ergebnis scheint mit der Erfahrung ebenfalls zu stimmen. Denn wählen wir die Temperatur frei, so ist damit alles Uebrige, z. B. auch der Druck, festgelegt; oder wählen wir den Druck, so gehört dazu eine ganz bestimmte Temperatur. Wir können also nur eine Grösse frei wählen, und alles Andere regelt sich dann zwangsmässig von selbst.

Wir dürfen aber nicht übersehen, dass auch die Phasenzusammensetzung als Freiheit zu gelten hat. Verfügen wir darüber durch die Festsetzung, dass die eine Phase reines  $CaO$ , die zweite reines  $CaCO_3$ , die dritte endlich reines  $CO_2$  sein soll, so haben wir uns von vornherein einer Freiheit begeben und müssten dafür von dem Werte des  $F$  in der Phasengleichung 1 abziehen, erhielten mithin  $F = 0$ , was mit der Erfahrung nicht in Einklang stehen würde. Daraus folgt, dass die Annahme, die Zusammensetzung der Phasen sei von vornherein konstant, falsch sein muss. Nun nahmen wir ja schon oben vom Standpunkte des Massenwirkungsgesetzes aus an, dass die konstante Konzentration des  $CaO$  und des  $CaCO_3$  als Konstanz der Konzentration ihres Dampfes (bei gegebener Temperatur) zu deuten sei. Wir sehen nunmehr, dass auch die Phasenlehre uns zu dieser Auffassung zwingt. Wollen wir die festen Phasen als reines  $CaO$  und  $CaCO_3$  ansehen, so müssen wir wenigstens die gasförmige Phase als Gemisch gelten lassen. Damit gewinnen wir dann die Freiheit wieder, die wir durch die (unzulässige) Fixierung der Zusammensetzung aller drei Phasen als der reinen Stoffe  $CaO$ ,  $CaCO_3$  und  $CO_2$  hätten aufgeben müssen. Es genügt, wenn die Zusammensetzung einer einzigen Phase variabel gehalten wird, damit die Freiheit hinsichtlich der Phasenzusammensetzung gewahrt bleibt. Nehmen wir aber als Teilnehmer am Gasgemisch auch  $CaO$  und  $CaCO_3$  an, so ist die Zusammen-

setzung der Gasphase nicht konstant, sondern entsprechend der Temperaturvariabilität der Dampfdrucke der genannten festen Stoffe selbst eine Temperaturfunktion. Wählen wir nun eine bestimmte Temperatur, so ist damit auch Druck und Zusammensetzung der Gasphase fixiert, bei gegebenem Druck andererseits Temperatur und Phasenzusammensetzung festgelegt, und endlich gehört zu einer bestimmten Phasenzusammensetzung ein ganz bestimmtes Paar von Werten des Drucks und der Temperatur. Bei Einführung der Beteiligung des  $CaO$  und des  $CaCO_3$  an dem Aufbau der Gasphase — aber auch nur dann, sofern wenigstens die festen Phasen als reine Stoffe  $CaO$  und  $CaCO_3$  angenommen werden — besteht also Uebereinstimmung der Versuchsergebnisse mit den Forderungen der Phasenlehre.

Es ist übrigens gleichgültig, ob die auf  $CaO$  und  $CaCO_3$  entfallenden Anteile des Gasgemisches nachweisbare Beträge annehmen oder nicht. Es ist völlig ausreichend, wenn die Dampfbildung wenigstens im Prinzip zugelassen wird. Dass dies vom Standpunkte der Phasenlehre aus notwendig ist, ist im Vorstehenden dargelegt, auch führt zu einer solchen Annahme die konsequente Anwendung des Massenwirkungsgesetzes, wie wir sahen. Endlich verlangt die Molekulartheorie, dass jeder auch noch so schwerflüchtige Stoff wenigstens einige Molekeln besonders grosser Geschwindigkeit in einen ihn umgebenden Dampftraume entsendet, sofern die Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunktes liegt.

Die Molekulartheorie verlangt aber noch mehr.

Das Prinzip des dynamischen Gleichgewichts, das im Falle physikalischer Gleichgewichte (Verdampfung, Lösung usw.) gang und gäbe ist, kann man, wie zuerst L. Pfaundler<sup>1)</sup> gezeigt hat, auch auf chemische Gleichgewichtszustände anwenden. Ja man muss dies konsequenter Weise sogar tun,

---

1) Pogg. Ann. 131, 55 (1867); Jubelband, 182 (1874).

wenn man überhaupt die chemische Mechanik auf die Grundlage der Molekulartheorie stellen will, was doch allgemein üblich und namentlich nach unseren neueren Erfahrungen auch das Gegebene ist.

Dann erhalten wir folgendes Bild:

Wenn Gleichgewicht herrscht, muss der Zahl der in der Zeiteinheit zerfallenden und der sich bildenden  $CaCO_3$ -Molekeln gleich sein. Nun hängt die Zahl der sich bildenden Carbonatmolekeln von der Zahl der Zusammenstöße zwischen  $CaO$ - und  $CO_2$ -Molekeln ab und ist dieser proportional. Bei gegebener Temperatur wird stets der gleiche Bruchteil solcher Zusammenstöße zur Verbindung führen. Die Zahl der zerfallenden  $CaCO_3$ -Molekeln ist einfach ihrer Gesamtzahl proportional.

Für unsere weiteren Ueberlegungen ist es von Bedeutung, wohin wir den Schauplatz der Gleichgewichtseinstellung verlegen. Es liegt nahe, daran zu denken, dass sich die Reaktion an sich im homogenen Gassystem  $CaO_{Dampf} + CO_2 + CaCO_{3Dampf}$  abspielt, und dass die festen Phasen sich an der Gleichgewichtseinstellung nur insofern beteiligen, als sie die verbrauchten Bestandteile des Dampfes durch Verdampfung nachliefern bzw. die bei Ueberschreitung der Sättigungskonzentration sich ausscheidenden aufnehmen. So würden wir allerdings zu dem Ergebnis gelangen, dass die Zahl der sich bildenden  $CaCO_3$ -Molekeln ( $Z_B$ ) dann gleich derjenigen der zerfallenden ( $Z_Z$ ) ist, wenn

$$k_B \cdot [CaO] \cdot [CO_2] = k_Z \cdot [CaCO_3]$$

wird; denn es ist  $Z_B$  proportional der Zahl der Zusammenstöße zwischen  $CaO$ - und  $CO_2$ -Molekeln im Dampftraume, und diese wieder proportional der Menge von  $CaO$  und von  $CO_2$  als Dampf im gegebenen Volum d. h. proportional der Konzentration von  $CaO$  und  $CO_2$  im Dampfe. Mithin ist  $Z_B = k_B \cdot [CaO] \cdot [CO_2]$ . Ferner ist  $Z_Z = k_Z \cdot [CaCO_3]$ , wenn  $[CaCO_3]$  die Konzentration des  $CaCO_3$  im Dampftraume dar-

stellt und damit auch die Gesamtmenge des dampfförmigen  $CaCO_3$  definiert. Aus der vorstehenden Gleichung ergibt sich

$$[CO_2] = \frac{k_Z \cdot [CaCO_3]}{k_B \cdot [CaO]}$$

oder, da der gesättigte Dampf konstante Konzentration an  $CaO$  und  $CaCO_3$  aufweisen muss (bei gegebener Temperatur):

$$[CO_2] = \frac{k_Z \cdot k_2}{k_B \cdot k_1} = K'.$$

Demnach würde auch nach dieser Ueberlegung das Mengenverhältnis der festen Stoffe  $CaO$  und  $CaCO_3$  ohne Einfluss auf das Gleichgewicht sein.

Die oben eingeführte Annahme, dass sich die chemische Reaktion  $CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2$  an sich im Dampf abspiele, und die festen Phasen nur konzentrationserhaltend wirken, besitzt aber wenig Wahrscheinlichkeit. Es ist nämlich gerade bei Gasreaktionen vielfach die Tatsache zu beobachten, dass die Reaktion im homogenen Gasgemisch nicht oder doch mit sehr geringer, praktisch zu vernachlässigender Geschwindigkeit verläuft, während sie sich in Berührung mit gewissen Grenzflächen relativ rasch abspielt. Man kann in vielen Fällen die ganze Reaktion geradezu als „Wandreaktion“ bezeichnen, da sie sich vorzugsweise oder ausschliesslich an der Gefässwand vollzieht. Ein sehr bekanntes Beispiel ist der Zerfall des Kohlenoxyds in Dioxyd und Kohlenstoff im Sinne der Gleichung



Hier ist, damit der Prozess von links nach rechts mit merklicher Geschwindigkeit verläuft, die Gegenwart von Kohlenstoff oder gewissen Metallen, wie Nickel oder Eisen, erforderlich, die Gefässwand (Glas, Porzellan oder dergl.) aber ohne Einfluss.

Es ist darum wahrscheinlicher, dass auch im Falle des Calciumcarbonats wenigstens die Bildung, vielleicht auch der

Zerfall des Carbonats im wesentlichen an der Grenze zwischen Fest und Gasförmig erfolgt. Dann ergibt sich aber für das Gleichgewicht die Beziehung, dass die Zahl der in der Zeiteinheit aus dem Festen entweichenden  $CO_2$ -Molekeln gleich der Anzahl der in derselben Zeit aus der Gasphase zum Festen zurückkehrenden und dort festgehaltenen ist. Die erstere Zahl ( $Z_Z$ ) wird aber der Oberfläche des vorhandenen festen Carbonats proportional sein müssen (analog der Verdampfungsgeschwindigkeit fester oder flüssiger Stoffe), letztere ( $Z_B$ ) von der Zahl der Zusammenstöße von  $CO_2$ -Molekeln mit  $CaO$ -Molekeln in der Oberfläche des festen  $CaO$  abhängen d. h. der Oberfläche des festen  $CaO$  und der Konzentration des  $CO_2$  in der Gasphase proportional sein. Wir erhalten daher für das Gleichgewicht:

$$Z_Z = Z_B \text{ oder } k_Z \cdot Of_2 = k_B \cdot Of_1 \cdot [CO_2],$$

wenn  $Of_2$  und  $Of_1$  der Oberflächen von  $CaCO_3$  und  $CaO$  bedeuten. Mithin wird

$$[CO_2] = \frac{k_Z \cdot Of_2}{k_B \cdot Of_1} = K \cdot \frac{Of_2}{Of_1},$$

d. h. es muss die Gleichgewichtskonzentration des Kohlendioxyds und damit der Zersetzungsdruck des Systems vom Oberflächenverhältnis der beiden festen Stoffe abhängen und kann nur dann, was doch beobachtet wurde, konstant sein, wenn im Gleichgewicht ein bestimmtes, (bei gegebener Temperatur) konstantes Oberflächenverhältnis herrscht.

Dem scheint aber aufs deutlichste das Ergebnis des Versuches zu widersprechen, wonach das Mengenverhältnis — und, wie man daraus zu schliessen pflegt, darum auch das Oberflächenverhältnis — für die Gleichgewichtseinstellung ohne Belang ist.

Eine einfache Erklärung dafür und eine Lösung dieses Widerspruches gegen die Folgerungen aus der kinetischen

Auffassung hat A. Horstmann<sup>1)</sup> gegeben. Seine Darlegungen gründen sich auf die Einführung gegenseitig gesättigter fester Lösungen der beiden festen Stoffe ineinander. Wenn  $CaO$  in  $CaCO_3$  und umgekehrt beschränkt — wenn auch nur in verschwindend geringem Maße — löslich ist, so folgt für die gesättigten Lösungen thermodynamische Gleichwertigkeit und daher auch Gleichwertigkeit hinsichtlich der chemischen Wirksamkeit beider Bestandteile in beiden festen Lösungen. Dann wirkt allerdings das  $CO_2$  auf das mit  $CaCO_3$  gesättigte und das in  $CaCO_3$  gelöste  $CaO$  mit gleicher Geschwindigkeit ein, und zerfällt desgleichen das mit  $CaO$  gesättigte und das in  $CaO$  gelöste  $CaCO_3$  gleich rasch, sodass nunmehr das Mengen- und Oberflächenverhältnis beider festen Phasen gleichgiltig ist. Die Oberfläche beider ist ganz gleichwertig, und es macht darum garnichts aus, wie viel von jeder vorhanden ist.

Wie man sieht, läuft diese Erklärung darauf hinaus, dass anstelle der aus den reinen Stoffen  $CaO$  und  $CaCO_3$  bestehenden festen Phasen Lösungen mit temperaturvariabler Zusammensetzung eingeführt werden, eine Annahme, zu der wir auch durch die Phasenlehre unter allen Umständen geführt würden, wenn wir auf die Beteiligung von  $CaO$  und  $CaCO_3$  an der Bildung der Dampfphase verzichten wollten.

Bei der Darstellung dieser Verhältnisse in der neueren physikochemischen Literatur wird auf die Annahme der Bildung fester Lösungen im Sinne der Ausführungen von Horstmann in der Regel verzichtet und nur dem Standpunkte des Massenwirkungsgesetzes Rechnung getragen, das ja feste Phasen aus reinem  $CaO$  und  $CaCO_3$  gestattet, wie oben dargelegt wurde. Dabei bleibt dann aber der Widerspruch gegen die Folgerungen aus der Molekulartheorie ungelöst, ein Zustand, der unbefriedigend erscheinen muss.

---

1) Z. f. physik. Chem. 6, 1 (1890).

Es möge nun gezeigt werden, dass man auch auf der Grundlage einheitlicher fester Phasen den Widerspruch beseitigen kann und dabei ganz von selbst zu Folgerungen gelangt, die der Horstmann'schen Auffassung nahe stehen.

Der genannte Widerspruch lässt sich dahin präzisieren, dass das Oberflächenverhältnis, wie aus der beobachteten Unabhängigkeit des Gleichgewichtsdruckes vom Mengenverhältnis geschlossen wird, ohne Einfluss auf das Gleichgewicht ist, während die Molekulartheorie ein ganz bestimmtes Oberflächenverhältnis verlangt.

Beides lässt sich aber unschwer in Einklang bringen.

Der Fehler, aus dem jener — wie wir sehen werden, nur scheinbare — Widerspruch entspringt, ist der, dass aus den Mengenverhältnissen auf die Oberflächenverhältnisse geschlossen wird. Das ist aber offenbar unzulässig. Denn wenn wir auf diesen Zusammenhang verzichten, so verschwindet der Widerspruch sofort.

Wir nehmen also nunmehr an, dass sich tatsächlich bei dem genannten Gleichgewichte (bei gegebener Temperatur) stets das von der Molekulartheorie geforderte konstante Oberflächenverhältnis einstellt, dass sich also oberflächlich soviel  $CaO$  in  $CaCO_3$  und umgekehrt  $CaCO_3$  in  $CaO$  umwandelt, bis die Gesamtoberfläche der beiden festen Stoffe in dem verlangten konstanten Verhältnis steht. Wir würden dann schliessen müssen, dass, wenn wir in ein Gleichgewichtssystem frisches  $CaO$  einbringen, etwas  $CO_2$  gebunden wird. Fehlt  $CaCO_3$  als feste Phase, so muss dann der Druck ein wenig sinken; ist festes  $CaCO_3$  zugegen, so kann aus der Tiefe her das zur Oberflächeneinstellung erforderliche  $CO_2$  nachgeliefert werden. Ganz entsprechend, aber in umgekehrter Richtung, würden sich die Aenderungen beim Einbringen von reinem  $CaCO_3$  vollziehen. Hier würde das überschüssig entstehende  $CO_2$  durch Eindringen in die tieferen Schichten des vorhandenen  $CaO$  beseitigt werden können. Im ganzen würde das Ergebnis darauf hinauslaufen, dass

sich auf eingebrachtem  $CaO$  oberflächlich eine molekulare Schicht von  $CaCO_3$  bis zur Erreichung jenes Oberflächenverhältnisses ausbreitet, und ebenso auf eingebrachtem  $CaCO_3$  eine solche von  $CaO$ . Da nun die Verteilung des  $CaO$  und des  $CaCO_3$  in der Gesamtoberfläche durchaus regellos sein oder doch nach und nach werden wird, man dann also kaum mehr von zusammenhängenden Flächenstücken, die aus  $CaO$  oder  $CaCO_3$  bestehen, reden kann, dürfen wir die molekulare Oberflächenschicht als aus  $CaO$  und  $CaCO_3$  in molekularer Durchdringung, d. h. einfach als feste Lösung, ansehen. Wir kommen mithin auch hier zur Einführung fester Lösungen, wie nach der Horstmann'schen Auffassung, nur mit dem Unterschiede, dass hier die Annahme einer aus fester Lösung bestehenden Oberflächenschicht von molekularer Dicke genügt. Die Menge von  $CO_2$ , die zur Bildung einer solchen äusserst dünnen Schicht von Lösung nötig ist, und umgekehrt die Menge davon, die abgegeben werden muss, damit sich  $CaCO_3$  oberflächlich mit einer solchen überzieht, ist nun verschwindend klein. Es ist darum auch nicht zu erwarten, dass ein merklicher Effekt herauskommt, selbst wenn man bei Abwesenheit der festen Phasen in  $CO_2$ -Gas von Gleichgewichtskonzentration einmal reines  $CaO$ , das andere Mal reines  $CaCO_3$  einbringt, wobei im ersteren Falle eine Druckabnahme, im letzteren eine Druckzunahme erfolgen müsste. Jedoch ist es denkbar, dass sich bei geeigneter Versuchsanordnung (möglichst starker Oberflächenentwicklung der eingebrachten Stoffe) ein solcher Effekt experimentell nachweisen liesse. Auch nach Horstmann müsste natürlich ein derartiger Effekt erwartet werden.

In jedem Falle, ob wir nun nach Horstmann mit dem Begriff kompakter fester Lösungen operieren, oder, wie im Vorstehenden geschehen, eine automatische, für die Mengenverhältnisse gänzlich bedeutungslose Einstellung auf ein konstantes Oberflächenverhältnis in der molekularen Grenzschicht gegen die Gasphase annehmen, gelangen wir zu einer

Beseitigung des Widerspruches gegen die Forderungen der Molekulartheorie, sodass wir nunmehr vollständige Uebereinstimmung der Versuchsergebnisse mit den Konsequenzen aller drei Grundprinzipien haben.

Der obengenannte Widersprüche hat sich mithin als nur scheinbar erwiesen.

2. Widersprüche gewisser Gleichgewichtsphänomene gegen die Phasenlehre.

Die Einführung fester Lösungen kann auch in anderen Fällen benutzt werden, um (scheinbare) Ausnahmen von der Phasenregel aufzuklären. Das gilt insbesondere auch für Systeme mit optisch aktiven Komponenten (Stereoisomeren). Ueber diese Dinge ist eine umfangreiche Diskussion geführt worden<sup>1)</sup>. Wir betrachten die Sachlage an der Hand des folgenden Beispiels.

Das Natriumammoniumracemat (Scacchi's Salz) wandelt sich bei 27° unter der gesättigten wässrigen Lösung in ein äquimolares Gemisch von *d*- und *l*-Tartrat um. Oberhalb 27° ist das Racemat beständig, unterhalb das Gemisch der optisch aktiven Komponenten. Im Umwandlungspunkte stehen die Komponenten mit dem Racemat und der für alle drei gesättigten Lösung unter deren Dampfdruck im Gleichgewicht. Erhöhung des Druckes lässt den Dampf verschwinden, Erniedrigung die Flüssigkeit. Erwärmung führt zum Verschwinden des Tartrats, Abkühlung zum Verschwinden des Racemats. Ueber 27° ist nämlich letzteres schwerer, unter 27° leichter löslich als das Komponentengemisch. Wir haben also im Umwandlungspunkte 5 Phasen, nämlich 3 feste (Racemat, *d*-Tartrat und *l*-Tartrat), eine flüssige (die gesättigte Lösung) und eine gasförmige (den Wasserdampf). Als Be-

---

1) R. Wegscheider, Z. physik. Chem. 43, 89; 93; 376 (1903); 45, 496; 697 (1903); 49, 229 (1904). W. Nernst, Z. physik. Chem. 43, 103 (1903); 49, 232 (1904). J. J. van Laar, Z. physik. Chem. 43, 741 (1903); 47, 228 (1904). A. Byk, Z. physik. Chem. 45, 465 (1903); 47, 223 (1904); 49, 233 (1904).

standteile des Systems können wir nur die beiden Tartrate und Wasser, zusammen als drei, wählen. Denn diese Stoffe brauchen wir, um alle vorhandenen Phasen aufbauen zu können.

Die Phasengleichung ergibt dann für die Zahl der Freiheiten im Umwandlungspunkte

$$F = 3 - 5 + 2 = 0,$$

entsprechend der Beobachtung.

Es scheint also, dass die Forderungen der Phasenlehre erfüllt sind. In Wirklichkeit ist aber über eine der natürlichen Freiheiten bereits verfügt. Die beiden Tartrate zeigen nämlich identische Löslichkeit, und wenn wir von Anfang an, wie das hier angenommen ist, äquimolare Mengen der Komponenten gewählt haben, verschwinden daher bei Ueberschreitung der Umwandlungstemperatur beide zugleich aus dem Bodenkörper, um dem Racemat allein ihre Stelle zu überlassen. Wenn dagegen eine der Komponenten im Ueberschuss zugegen war, so bleibt der Ueberschuss oberhalb  $27^{\circ}$  zunächst ebenfalls noch als Bodenkörper, und es resultiert eine gesättigte Lösung, in der die Komponentenkonzentrationen nicht bei allen Temperaturen im Verhältnis 1:1 stehen, wie bei Aequivalenz der Tartrate. Diese Freiheit der Zusammensetzung der Lösung hinsichtlich beider Antipoden haben wir durch die Bedingung der Aequivalenz der letzteren aufgegeben. Wir können die Lösung durch Temperatur- oder Druckeinfluss nur in Bezug auf das Verhältnis  $H_2O$ : ( $d$ - +  $l$ -Tartrat) variieren, nicht aber in Bezug auf das Verhältnis  $d$ -Tartrat :  $l$ -Tartrat. Mithin haben wir von der natürlichen Zahl der Freiheiten 1 abzuziehen und kommen so auf den Freiheitsgrad  $-1$ , was keinen Sinn giebt. Aus diesem Dilemma kommt man auch dadurch nicht heraus, dass man etwa die beiden festen Tartratphasen als eine einzige rechnet. Dadurch vermindert man zwar die Zahl der Phasen um 1, um ebensoviel aber auch die der Bestandteile, da man nun  $d$ - +  $l$ -Tartrat nur als ein Bestandteil rechnen kann. Ausserdem wäre es falsch,  $d$ - und  $l$ -Tartrat als thermodynamisch

gleichwertig zu rechnen; denn die beiden Antipoden verhalten sich durchaus wie physikochemisch verschiedene Substanzen, indem z. B. die gesättigte Lösung der einen für die andere ungesättigt ist. Die Besonderheiten des Falles beruhen einfach darauf, dass unsere Stereoisomeren identische Löslichkeitsverhältnisse zeigen, und träfen genau so zu in jedem Falle beliebiger, eine Verbindung im Verhältnis 1 : 1 bildender, sich chemisch sonst ganz fern stehender Stoffe, falls diese nur die gleiche Löslichkeit und gleiche Abhängigkeit der Löslichkeit von der Temperatur hätten. Das ist aber ein Fall, der immerhin im Bereiche der Möglichkeit liegt. Im übrigen herrschen hier grundsätzlich dieselben Beziehungen, die bei Doppelsalzgleichgewichten anzunehmen sind. Man tut also gut daran, sich auch in diesem Sonderfalle mit der Dreizahl der Bestandteile abzufinden und die Lösung des scheinbaren Widerspruchs auf andere Weise zu versuchen. Das ist in der Tat möglich. Es kommt ja nur darauf an, für irgend eine Phase die Temperatur- (und Druck-) Veränderlichkeit des Verhältnisses *d*-Tartrat : *l*-Tartrat einzuführen, auch wenn die Bestandteile in äquimolaren Mengen vorhanden sind; denn dann fällt die Freiheitsbeschränkung infolge der Äquivalenz, an der wir uns doch schliesslich allein stossen mussten, weg.

Zu diesem Zwecke nehmen wir an, dass festes Racemat und festes *d*- und *l*-Tartrat gegenseitig in gewissem, wenn auch niederm Grade löslich sind. Es wäre also festes Racemat eine feste Lösung von wenig *d*- und *l*-Tartrat in viel Racemat (ein festes Spaltungsgleichgewichtssystem). In dieser Phase ist aber unter allen Umständen das Verhältnis *d*-Tartrat : *l*-Tartrat gleich eins. Denn wir müssen Identität der Löslichkeitsverhältnisse der beiden Antipoden in jedem beliebigen (optisch inaktiven) Lösungsmittel, also auch im festen Racemat, annehmen. Dagegen wird in jedem der festen Tartrate das andere Tartrat und das Racemat verschieden löslich sein, ausser bei Umwandlungstemperatur, bei der Gleichheit herrscht. Mit-

hin wird sich bei Temperaturerniedrigung vom Umwandlungspunkte aus (Erhöhung kommt wegen der Instabilität des Tartratgemisches oberhalb  $27^{\circ}$  nicht in Frage) das Verhältnis *d*-Tartrat:*l*-Tartrat in jeder der beiden Tartratphasen verschieben müssen entsprechend der Divergenz der Löslichkeitskurven für Tartrat und Racemat in diesem Temperaturgebiete. Es ist also auch bei Aequivalenz der Antipoden die Zusammensetzung hinsichtlich der beiden Tartratkomponenten in jeder der festen Tartratphasen als Temperatur- (und Druck-) variabel anzunehmen, und damit ist die oben eingeführte Freiheitsbeschränkung beseitigt, sodass 0 die natürliche Zahl der Freiheiten nach der Phasenregel ist, in Uebereinstimmung mit der tatsächlichen Beobachtung.

Einen weiteren Fall eines scheinbaren Widerspruches, der allerdings einfacher liegt, in dem auch die Annahme fester Lösungen nicht in Frage kommt, ist der des Natriumchlorats<sup>1)</sup>. Dieses Salz bildet sowohl rhombische als auch rhomboedrisch-tetartoedrische Krystalle, von denen die letzteren in zwei enantiomorphen, die Polarisationssebene des Lichtes entgegengesetzt drehenden Formen auftreten. Es entsteht die Frage, wie man die drei verschiedenen Erscheinungsformen des festen Natriumchlorats bewerten soll, wie insbesondere vom Standpunkte der Phasenlehre aus die Verhältnisse beim (bisher allerdings nicht realisierten) Umwandlungspunkte für den Uebergang rhombisch  $\rightleftharpoons d + l$ -rhomboedrisch zu beurteilen sind.

Wir würden im Umwandlungspunkte äusserlich 3 feste Phasen, Lösung und Dampf, im ganzen also 5 Phasen bei nur 2 Bestandteilen, Natriumchlorat und Wasser, haben. Demnach wäre

$$F = 2 - 5 + 2 = -1,$$

was wieder keinen Sinn gäbe.

---

1) J. H. van't Hoff, Ber. 35, 4263 (1902).

Hier nun können und müssen wir sogar zwei von den genannten drei festen Phasen als thermodynamisch identisch rechnen, nämlich die beiden rhomboedrisch-enantiomorphen Formen. Sie zeigen nicht nur identische Löslichkeitsverhältnisse sondern können sich auch bezüglich der Sättigung der Lösung vollkommen vertreten und unterscheiden sich überhaupt nur geometrisch (und infolgedessen optisch). Ihre Verschiedenheit ist also lediglich in der räumlichen Anordnung der kleinsten Krystallbausteine begründet. Man kann sich das, freilich etwas grob-bildlich, etwa so vorstellen, als ob die kleinsten Bausteine das eine Mal links-herum, das andere Mal rechtsherum zu einer Spirale aneinandergereiht wären. Wir können darum die beiden optisch aktiven Formen zusammen nur als eine Phase zählen, als eine zweite dann die rhombischen Krystalle, sodass im (hypothetischen) Umwandlungspunkte nur 4 Phasen vorhanden wären, mithin die Phasengleichung

$$F = 2 - 4 + 2 = 0$$

durch die tatsächlichen Verhältnisse erfüllt wird.

Somit kann auch in diesem Falle von einem Widerspruche gegen die Phasenlehre nicht mehr die Rede sein.

Es zeigt sich also, dass sich in den bisher noch widerspruchsvoll erscheinenden Fällen Massenwirkungsgesetz, Phasenlehre und Molekulartheorie mit gleicher Berechtigung und gleichem Ergebnis zur Darstellung und Deutung der Gleichgewichtsverhältnisse verwenden lassen. Wo Widersprüche vorzuliegen scheinen, handelt es sich in Wirklichkeit nur um Folgen der Einführung unrichtiger Annahmen. Es dürfte sich empfehlen, mit der Annahme chemisch einheitlicher d. h. aus einem reinen Stoffe bestehender Phasen vorsichtig zu sein und allgemein von dem Prinzip Gebrauch zu machen, dass absolute Unlöslichkeit ebensowenig existiert, wie absolute Nichtflüchtigkeit, ausser natürlich im absoluten Nullpunkte.

---

Weiter sprach Herr A. Thiel:

**Ueber einige z. T. noch wenig bekannte Indikatoren-  
Reaktionen**  
(mit Experimenten).

Der Vortragende erörtert einige Indikatoreigenschaften von Substanzen aus der Phtaleingruppe, insbesondere das Verhalten gegenüber grösseren Alkaliüberschüssen. Es scheint eine Beziehung zu bestehen zwischen der farbschwächenden Wirkung von Alkaliüberschuss und von Alkohol. Für den Zusammenhang zwischen dieser Alkaliempfindlichkeit und der Konstitution von Phtaleinen (insbesondere Phenolphtaleinderivaten) werden theoretische Verstellungen entwickelt. Die Lage des Indikatorenumschlags wird hier wie in sonstigen Fällen von Wichtigkeit unter Verwendung von Säure-Normalstufen demonstriert, auch die praktische Verwendung der koloriskopischen Säurestufenmethode zur Messung der Acidität, z. B. von Harn unter Kompensation der Eigenfarbe, vorgeführt.

---

In den Wahlsitzungen wurde zunächst Herr Prof. Dr. Jaensch zum ausserordentlichen Mitglied gewählt.

Weiter ergab sich aus den in der Mai- und Junisitzung vollzogenen Vorstandswahlen folgende Zusammensetzung des Vorstandes: Vorsitzender Prof. Dr. E. Neumann, engerer Ausschuss: Stellvertretender Vorsitzender Geh. Rat Korschelt, weiter Geh. Rat Schenck und Geh. Rat Schmidt.

---

Aufgelegte Schriften:

- Bulletin of the Chicago Academy of Sciences, Vol. III Nr. 4, 5. Chicago 1911.
- The Lymnaeidae of North and Middle America Regent and Fossil, Nr. 3. Chicago 1911.
- Smithsonian Miscellaneous Collections, Volume 56, Nr. 23, 24, 25, 26, 27, 28. Washington 1911.
- Twenty-Seventh Annual Report of the Bureau of American Ethnology 1905—1906. Washington 1911.
- Neununddreißigster Jahresbericht des Westfälischen Provinzial-Vereins für Wissenschaft und Kunst 1910/11. Münster 1911.
- Leopoldina 1912, 1.
- Abhandlungen der Münchener Akademie Math.-phys. Abt. XXV, 7.
- Summary Report of the Geologica Survey Branch of the Department of Mines. Ottawa 1910.
- Geology of an Area Adjoining the East Side of Lake Timiskaming Quebec. Ottawa 1910.
- Geological Reconnaissance along the Line of the National Transcontinental Railway in Western Ouebec. Ottawa 1910 (Memoir 4).
- An Instrumental survey of shore Lines of the Extingt Lakes Algonquin and Nipissing in Southwestern Ontario. Memoir Nr. 10. Ottawa 1910.
- Triangulation and Spirit Loveling of Vancouver Island. B. C. 1909. Memoir Nr. 11—T. Ottawa 1910.
- Publications of the University of California. Berkeley 1910 (Third Series. Vol. III, Nr. 8).
- Atti della Reale Accademia dei Lincei 1911, Serie Quinta.
- Rendiconti Classe die scienze fisiche, matematiche e naturali. Volume XX. Roma 1911.
- Atti della Società Toscana di Scienze Naturali Processi Verbali. Volume XX, Nr. 3. Toscana 1911.
- Jahresbericht des Aerztlichen Vereins zu Frankfurt a. M. 1909. München 1911.
- Jahrbuch der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft für das Vereinsjahr 1910. St. Gallen 1911.
- Verhandlungen des Naturhistorisch-Medizinischen Vereins zu Heidelberg. XI. Band, 2. Heft. Heidelberg 1911.
- Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society. A Study of some Epithelioid Membranes in Monaxonid Sponges. Vol. XXVII, Nr. 1, 2. Chapel Hill.
-

# Sitzungsberichte

der

## Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

### MARBURG

---

---

**Nr. 5**

**Juli**

**1913**

---

---

In der Sitzung vom 9. Juli 1913 sprachen Herr A. Lohmann und Herr Eduard Müller:

#### **Ueber Durchblutung der Lunge in verschiedenen Dehnungszuständen.**

Wir hatten in früheren Sitzungen schon mehrfach Gelegenheit, über unsere Versuche über die Funktion der Bronchialmuskulatur zu berichten. Wir haben nun diese Versuche auch auf die künstlich durchblutete Lunge ausgedehnt. Dabei sind wir, zunächst rein zufällig, auf interessante Beobachtungen über die Abhängigkeit der Durchblutungsgrösse von gewissen Dehnungszuständen der Lunge gestossen. Diese Beobachtungen wurden dann systematisch weiter verfolgt, und über ihr Ergebnis soll heute berichtet werden.

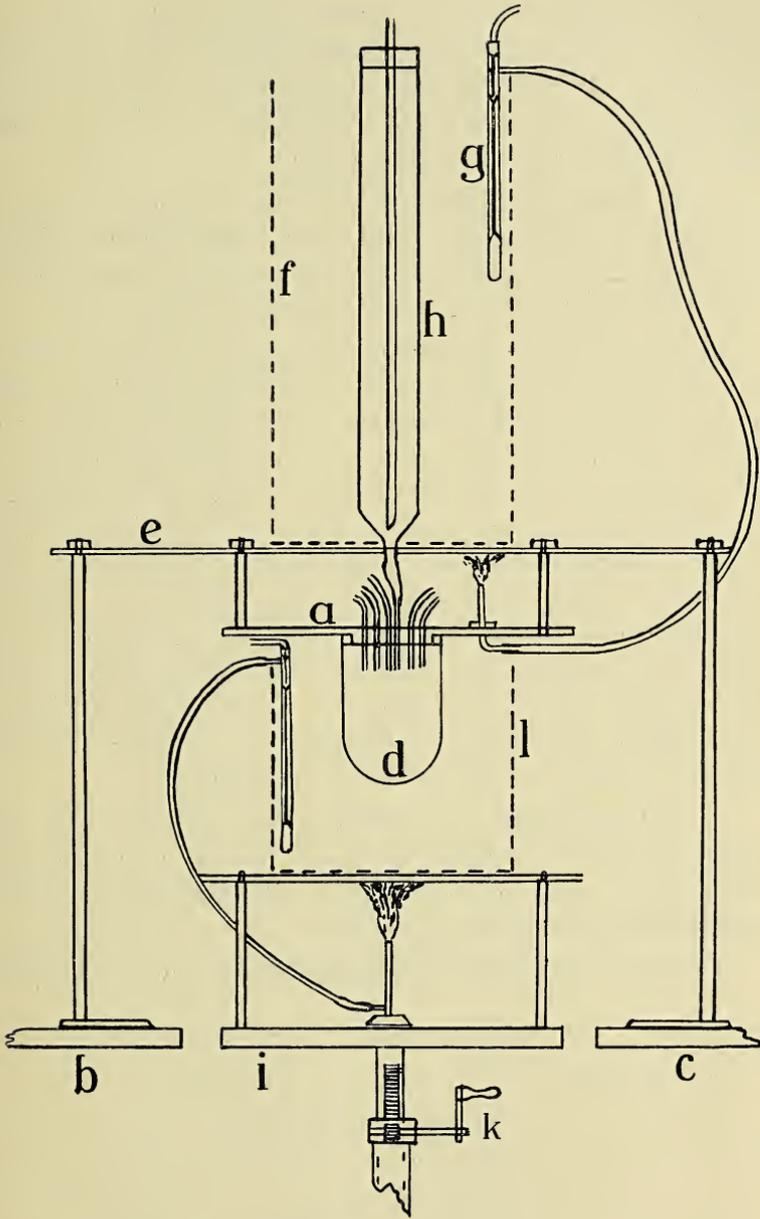
Es würde zu weit führen, an dieser Stelle eine ausführliche Uebersicht über die Literatur, die bereits über das vorliegende Thema vorhanden ist, zu geben. Wir wollen nur an die Arbeiten von Bruns und von Cloetta erinnern.

Die Methodik, die wir bei unsern Versuchen anwandten, war folgende:

Das Versuchstier (Kaninchen) wurde durch Verbluten aus den Carotiden getötet und in die Trachea eine Kanüle eingebunden. Nach Aufhören der Atembewegungen wurde der Brustkorb geöffnet und nach Durchtrennung der Aorta eine

weitere Kanüle in die Arteria pulmonalis nach den Lungen zu eingebunden. Diese Kanüle wurde vermitteltst einer Pipette mit körperwarmer Ringerlösung gefüllt, und diese Lösung, um eine Gerinnung des austretenden Blutes zu verhindern, fortwährend erneuert. Eine dritte Kanüle wurde dann in den linken Vorhof eingebunden. Dann wurde an der Atrio-Ventrikulargrenze eine starke, nicht einschneidende Ligatur fest angelegt und hinter der Ligatur die Ventrikel abgeschnitten. Es wurden darauf die Lungen mit den drei Kanülen aus dem Brustkorb entfernt und an den Durchblutungsapparat angeschlossen.

Dieser bestand aus folgenden Teilen: Die Messingplatte *a* war durch Stangen und Muffen fest auf den beiden sich gegenüberstehenden Tischen *b* und *c* montiert. In die Messingplatte waren in zentrischer Anordnung (auf der Figur nebeneinander gezeichnet) sechs Messingrohre eingelötet. An diesen mittleren Teil der Platte konnte mit Hilfe einer Ueberfangmutter das Glasgefäss *d*, das zu diesem Zwecke oben mit einem Messingflansch versehen war, luftdicht (durch Lederdichtung) angeschraubt werden. Auf dem Gerüste *b e c* stand ein grosser Thermostat, der durch einen Thermoregulator (*g*) auf 38° gehalten wurde. Darin stand der grosse Zylinder *h*, der mit Ringerlösung gefüllt war und nach dem Mariotte'schen Prinzip diese Lösung unter konstantem Druck an eines der sechs Messingrohre abgab. An dieses Rohr wurde die Kanüle, die in der Arteria pulmonalis lag, angeschlossen. Ein zweites Rohr wurde mit der Kanüle des linken Vorhofes, ein drittes mit der Trachea in Verbindung gebracht. Das vierte Rohr führte zu einem Manometer, das fünfte enthielt ein Thermometer und das sechste trug oben einen durch eine Klemme verschliessbaren Gummischlauch. Auch das mit der Trachea verbundene Rohr war an seinem oberen Ende mit einem Gummischlauch versehen. Sobald die Kanülen angeschlossen und die Durchblutung in Gang gesetzt war, wurde die zwischen den Tischen *b* und *c* befindliche Tischplatte *i* durch Zahn



und Trieb mit der Kurbel *k* soweit emporgehoben, dass das Gefäss *d* ganz in den mit Wasser gefüllten Thermostaten *l* eintauchte. Der bewegliche Thermostat *l* sowohl wie der feststehende *f* besaßen vorne und hinten Glaswände, so dass man den Inhalt gut übersehen konnte.

Die Menge der durch die Lunge hindurchfließenden Flüssigkeit wurde dadurch bestimmt, dass jedesmal genau 15 " lang ein Messzylinder unter die von dem linken Vorhof kommende ins Freie mündende Leitung gehalten wurde.

Die verschiedenen Blähungszustände der Lunge wurden auf folgende Weise herbeigeführt: Entweder wurde an dem an das sechste (frei im Lumen von *d* endigende) Rohr angeschlossenem Schlauche gesaugt. Es wurde dadurch in *d* ein negativer Druck erzeugt; dabei war das mit der Trachea verbundene Rohr nach aussen offen. Im Protokoll ist diese Art der Lungendehnung als „angesaugt“ bezeichnet. Oder der eben bezeichnete Schlauch (sechs) wurde offen gelassen und durch den Trachealschlauch die Lunge von innen durch Ueberdruck aufgeblasen. Diese Art der Lungendehnung wurde als „aufgeblasen“ bezeichnet. Wenn beide Schläuche nach aussen offen waren, collabierte die Lunge, und dieser Zustand wurde als „collabiert“ bezeichnet.

Die Bestimmung der Ausflussmenge begann immer erst einige Sekunden, nachdem die Lunge in den neuen Zustand versetzt war und die Flüssigkeit mit anscheinend gleichmässiger Geschwindigkeit ausfloss.

Folgende Protokollauszüge mögen die Resultate erläutern:

#### Kaninchenlunge 6.

Es fließen in 15 " aus der Vorhofkanüle:

collabiert:	31 cm <sup>3</sup>
angesaugt:	43 "
angesaugt:	41 "
collabiert:	33 "

aufgeblasen: 21 cm<sup>3</sup>  
aufgeblasen: 20 „  
collabiert: 20 „  
angesaugt: 45 „

Kaninchenlunge 7.

collabiert: 15 cm<sup>3</sup>  
collabiert: 16 „  
angesaugt: 34 „  
collabiert: 22 „  
aufgeblasen: 15 „  
collabiert: 20 „  
angesaugt: 35 „  
angesaugt: 32 „  
collabiert: 22 „  
aufgeblasen: 19 „  
collabiert: 23 „  
stark angesaugt: 42 „  
weniger stark angesaugt: 30 „  
collabiert: 20 „  
collabiert: 16 „  
angesaugt: 32 „  
collabiert: 16 „

Kaninchenlunge 9.

Die eine Hälfte der Lunge bleibt beim Durchleiten der Ringerlösung rot, wird also nicht durchblutet.

collabiert: 7 cm<sup>3</sup>  
angesaugt: 16 „  
collabiert: 7 „  
sehr wenig angesaugt: 9 „  
mehr angesaugt: 13 „  
collabiert: 7 „  
stark aufgeblasen: 7 „

stark angesaugt:	16 cm <sup>3</sup>
collabiert:	7,5 „
sehr schwach angesaugt	10 „
etwas stärker angesaugt:	13 „
noch stärker angesaugt:	16 „
collabiert:	9 „
wenig aufgeblasen:	8,5 „
stark aufgeblasen:	9 „
collabiert:	9 „

Zu genau entsprechenden Resultaten führten alle übrigen Versuche, sodass von ihrer Mitteilung abgesehen werden kann.

Das Resultat der Versuche ist kurz folgendes:

1. Die Durchblutungsgrösse ist bei der collabierten und bei der geblähten Lunge annähernd dieselbe für den Fall, dass die Blutung durch Ueberdruck von der Trachea aus herbeigeführt wird. Wenn die Durchblutung sich durch das Aufblasen überhaupt ändert, so wird sie, wenn auch nur unbeträchtlich, in ungünstigem Sinne beeinflusst.
2. Die Durchblutungsgrösse nimmt aber bei der geblähten Lunge gegenüber der collabierten oder durch Ueberdruck aufgeblasenen Lunge ganz bedeutend zu, wenn die Blähung durch Absaugung von aussen, also durch negativen Druck (Unterdruck) wie unter physiologischen Verhältnissen herbeigeführt wird. Dabei nimmt die Durchblutungsgrösse mit dem Dehnungsgrade von der schwächsten Dehnung an immer mehr zu.

Die Versuche geben, u. a. eine wesentliche Stütze für die oft von Sauerbruch ausgesprochene Ansicht, dass bei der künstlichen Atmung des Menschen das „Ueberdruckverfahren“ nicht dem „Unterdruckverfahren“ gleichwertig ist.

Zum Schluss möge noch auf einige leicht sich einstellende Störungen hingewiesen werden.

Zunächst tritt leicht Oedem der Lungen auf; man kann diese Störung in der Regel dadurch vermeiden, dass man keinen höheren Durchblutungsdruck als 25 cm Wasser anwendet. In einigen Fällen trat aber trotzdem Oedem auf; die Ursache dafür konnten wir nicht feststellen. Vielleicht ist die Durchschneidung der Vagi dafür verantwortlich zu machen. Wir fanden nämlich bei Meerschweinchen, dass doppelseitige Vagusdurchschneidung in ca. 50% Lungenödem zur Folge hat. Weiterhin muss man dafür Sorge tragen, dass die Zuleitung zu den Lungengefäßen genügend weit ist, damit bei ev. Erleichterung der Durchblutung auch genügend Flüssigkeit zufließen kann.

---

Weiterhin berichten A. Lohmann und Eduard Müller über:

**Das Elektrokardiogramm bei angeborenen Herzfehlern (nebst experimentellen Studien über die Beeinflussung desselben durch künstliche Lageveränderungen des Herzens).**

Im letzten Jahre konnten wir aus dem Material der medizinischen Poliklinik 7 Fälle mit angeborenen Herzfehlern eingehend untersuchen und hierbei das Elektrokardiogramm aufnehmen.

Unter den anatomisch so vielgestaltigen Bildern des Vitium congenitum interessieren praktisch 2 Hauptgruppen von Veränderungen: die Stenosen in der Gegend des Pulmonalostiums, sowie die abnormen Kommunikationen zwischen den Kammern (Septumdefekte), zwischen den Vorkammern (offenes Foramen ovale), sowie zwischen Aorta und Arteria pulmonalis (sog. Persistenz des Ductus Botalli). Am Krankbett findet sich meist das Bild der Pulmonalstenose; diese geht vielfach mit erst später anatomisch nachweisbaren oder manchmal auch klinisch erkennbaren Defekten der Scheidewände oder mit Offenbleiben des Ductus Botalli einher.

Wenn ein funktionell bedeutsamer Herzfehler vorliegt, so entsteht trotz der anatomischen Vielgestaltigkeit der Veränderungen mit Vorliebe ein in seinen Grundzügen monotoneres Zustandsbild. Wir haben dann einen Herzfehler vor uns, der zeitlich vielfach in die frühe Kindheit, ja manchmal auf den Tag der Geburt zurückgeführt werden kann und mit bedeutsamen äusseren Schädlichkeiten nicht in Beziehung steht. Dieses Vitium geht mit einer vorwiegenden Beteiligung der rechten Kammer und Vorkammer einher; Hypertrophie und Dilatation des rechten Herzens verlaufen mit

einem vielfach auch fühlbaren charakteristischen systolischen Pulmonalgeräusch, sowohl bei echter Stenose wie bei Persistenz des Ductus Botalli.<sup>1)</sup>

Zu diesem Herzbefunde treten gerne zwei weitere Symptome: 1. das in schweren Fällen ziemlich häufige Zurückbleiben der körperlichen und manchmal auch der geistigen Entwicklung. 2. die mehr oder minder schweren Grade des Morbus cäruleus, also die angeborene Blausucht, vielfach mit symptomatischer Polycythämie d. h. Vermehrung der Zahl der roten Blutkörperchen in der Raumeinheit bei Untersuchung des Venenblutes und nicht zuletzt mit den diagnostisch so wichtigen Trommelschlägelfingern einhergehend.

Es gibt nun Fälle, wo sich die angeborene Herzmissbildung oder fötale Herzerkrankung mit längerer Lebensdauer verträgt und erst im Laufe der späteren Entwicklung — nicht selten durch Hinzutreten postembryonaler, auch rheumatischer Veränderungen — zu greifbaren Symptomen führt. Die angeborene Störung kann, wie auch anatomische Untersuchungen zu beweisen scheinen, den „locus minoris resistentiae“ für eine spätere Endocarditis abgeben; ausserdem können manche congenitale Herzveränderungen z. B. ein offenes Foramen ovale funktionell erst dann an Bedeutung gewinnen, wenn postembryonale Herzerkrankungen, z. B. ein Mitralfehler zu Drucksteigerungen und Blutstauungen im linken Vorhof führen und dadurch den Blutaustritt in die rechte Vorkammer begünstigen.

Ein modernes Hilfsmittel zur Erkennung kongenitaler Herzveränderungen bietet uns nach den Untersuchungen von Nicolai und Kraus, die schon vielfach, insbes. von Th. Grödel bestätigt wurden, das Elektrokardiogramm. Es soll

---

1) Auf die röntgenologisch nachweisbaren Veränderungen, sowie auf die streifenförmige Dämpfung beim offenen Ductus Botalli soll hier nicht näher eingegangen werden; das gesammelte Material wird später in einer Dissertation verwertet werden.

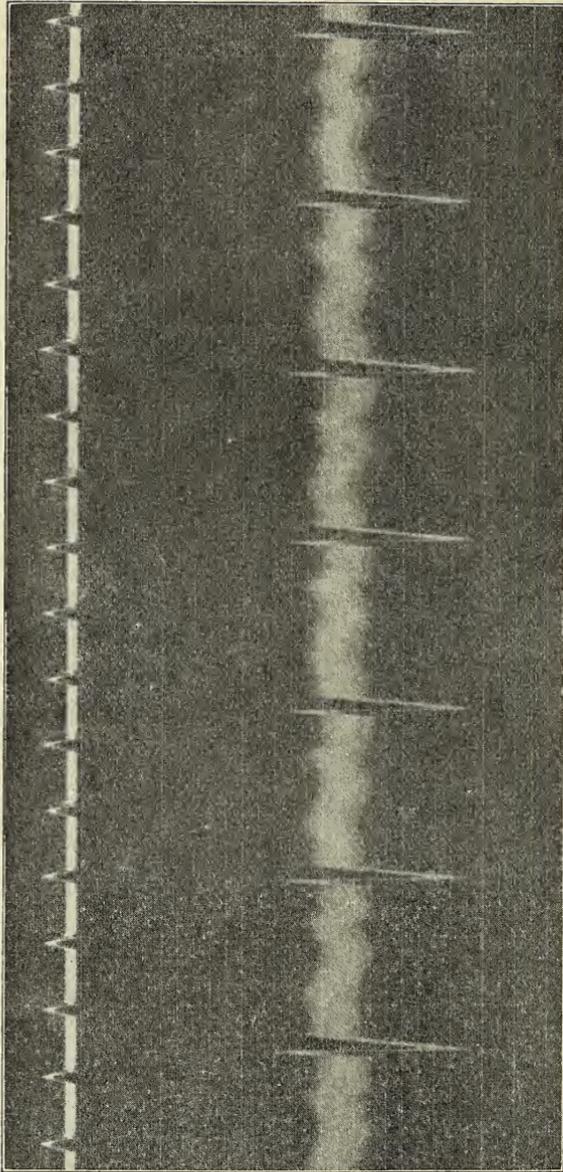


Fig. 1. Willi Irge, 9 Jahre alt, Vitium congenitum.

beim congenitalen Herzfehler zur vollständigen Umkehr der J-Zacke kommen. Während dieselbe normal und bei vorwiegender Erkrankung des linken Herzens „positiv“, d. h. nach oben gerichtet ist, wird sie beim angeborenen Herzfehler vollkommen negativ.

Wir haben diese Angabe nachgeprüft und in allen unseren Fällen bestätigt gefunden. Als Beweis hierfür mögen die Figuren 1—3 dienen, die von unseren Fällen mit angeborenen Herzfehlern stammen. Es besteht kein Zweifel, dass diese Negativität der J-Zacke eine diagnostisch bedeutsame, in dieser ausgeprägten Form fast nur beim angeborenen Herzfehler vorkommende, höchst interessante Erscheinung darstellt.

Es fragt sich nur, wie diese „Negativität“ zu erklären ist. Th. Grödel und Mönkeberg weisen darauf hin, dass die Ursache dieser Umkehr der J-Zacke kaum in einer Erkrankung des nervösen Herzapparates bzw. des Reizleitungssystems zu suchen ist. In den mikroskopisch genauer studierten Fällen von angeborenen Herzfehlern fanden sich bisher keine solche Veränderungen. Grödel denkt an mechanische Ursachen: er weist auf die Wichtigkeit der Lagebeziehungen der Herzkammern zu den Ableitungsstellen hin und glaubt — kurz gesagt — dass eine starke Drehung des Herzens infolge der Ausweitung und Hypertrophie der rechten Hälfte für diese Negativität verantwortlich sei. Der stark hypertrophische und dilatierte rechte Ventrikel dränge nach links, sodass der linke Ventrikel ganz nach hinten verlagert werde.

Früher war man meist der Meinung, dass Veränderungen der Herzlage für das Elektrokardiogramm wenig bedeutsam sind. Dies gilt namentlich für solche Lageveränderungen, die durch Hoch- oder Tiefstand des Zwerchfells zustande kommen. Tritt das Zwerchfell tief, so steht bekanntlich das Herz abnorm senkrecht (das sog. Tropfenherz); tritt das Zwerchfell abnorm hoch, z. B. bei raumbeengenden Prozessen

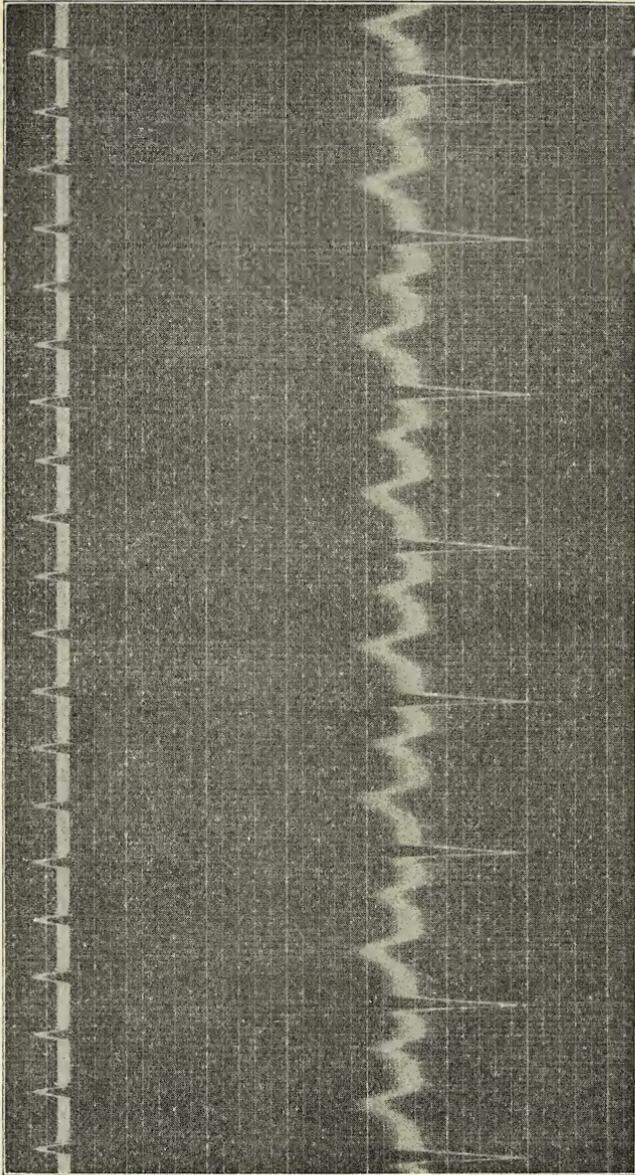


Fig. 2. Anna Friedrich, 17 Jahre alt, Vitium congenitum.

im Leibe, wie allzu starkem Fettgehalt, Meteorismus, Schwangerschaft usw., so weicht die Herzspitze nach links aus und es kommt zu einer abnormen Querlage.

Wir selbst haben versucht, bei einem geeigneten Patienten durch starke Luftaufblasung des Magens eine solche Lageveränderung des Herzens unter Kontrolle des Röntgenschirms zu erzeugen; wir fanden aber kurz vor und nach der Luftaufreibung des Leibes mit starker Verlagerung des Herzens keine wesentlichen Unterschiede im Elektrokardiogramm.

Für die Tatsache, dass trotzdem gewisse mechanische Verhältnisse der Herzlage für die Negativität der Initialschwankung beim angeborenen Herzfehler bedeutsam sind, spricht der Befund, dass eine solche Negativität auch bei reiner Mitralstenose vorkommt. Wenn man die seltenen Fälle von unkompensierter reiner Mitralstenose percutiert, findet man bekanntlich eine starke Verbreiterung der Herzdämpfung nach rechts. Bei Autopsien kann man sich, wie Strümpell stets betont hat, davon überzeugen, dass die Verbreiterung der Herzdämpfung nach rechts hin im wesentlichen auf die starke Dilatation des rechten Vorhofes zu beziehen ist. Der dilatierte rechte Ventrikel drängt unter Höherentreten seines Conus arteriosus nach links herüber, sodass unter gleichzeitiger Drehbewegung des Herzens der linke Ventrikel ganz nach hinten verlagert wird und der „Spitzenstos“ vielfach vom rechten, nicht vom linken, Ventrikel herrührt. Zu ganz ähnlichen Herzlagen kann es beim congenitalen Herzfehler kommen, der ja in ähnlicher Weise wie die reine Mitralstenose fast immer mit einer vorwiegenden Hypertrophie und Dilatation des rechten Herzens einhergeht.

Wir hielten die Hypothese Grödel's, dass die „Negativität“ der J-Zacke durch Veränderungen der Herzlage, insbesondere durch die bei reiner Mitralstenose längst bekannte Drehbewegung des Herzens entstehen kann, für durchaus möglich. Diese auf theoretische Ueberlegungen

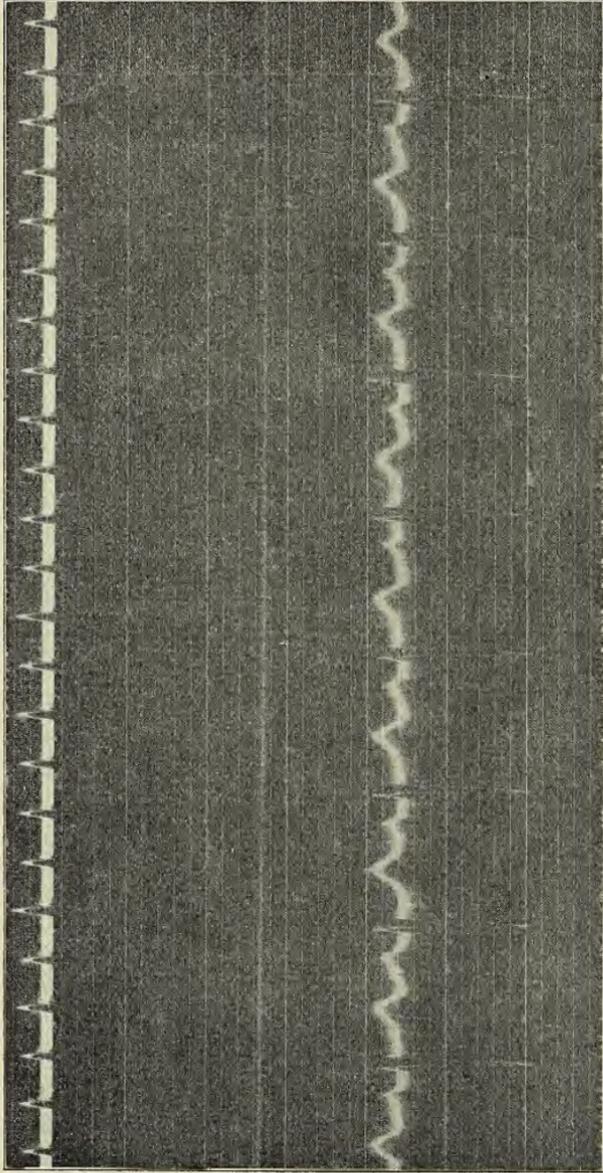


Fig. 3. Emma Böttner, 13 Jahre alt, Vitium congenitum.

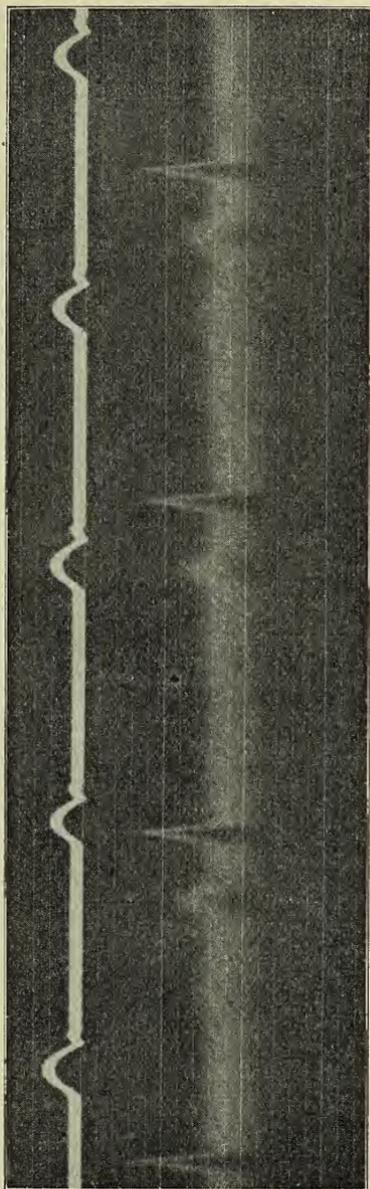


Fig. 4. Kaminchen. Herz freigelegt (siehe Text), Elektrokardiogramm (Ableitung von beiden Vorderpfoten).  
Positive J-Zacke (Zeit in 0,2").

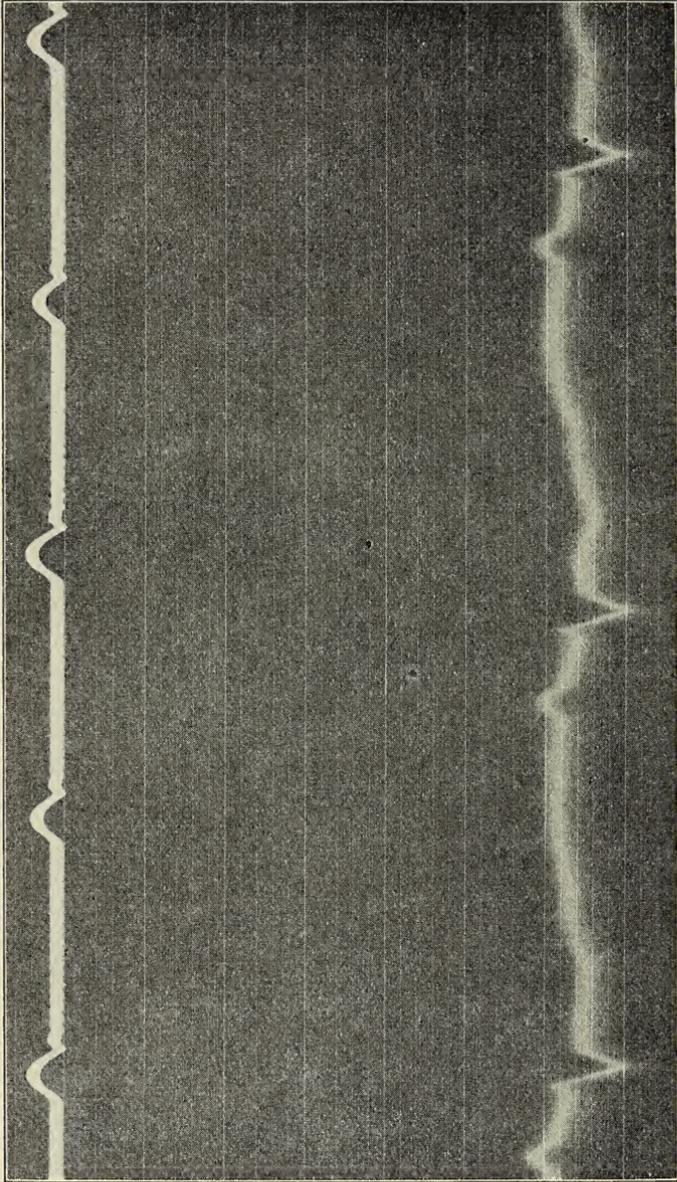


Fig. 5. Fortsetzung von Fig. 4. Doch Herz in der im Text beschriebenen Weise gedreht: negative J-Zacke.

sich stützende Auffassung bedarf jedoch der experimentellen Begründung.

Zu diesem Zweck haben wir künstlich eine Drehung des Herzens analog derjenigen bei angeborenen Herzfehlern und reinen Mitralstenosen im Tierversuch erzeugt und die Elektrokardiogramme vor und nach der Drehung miteinander verglichen. Im einzelnen wurden die Versuche in folgender Weise angestellt:

Bei einem durch Urethan narkotisierten Kaninchen wurden beide Vorderpfoten mit Hilfe von Calcium sulfuratum hydratum enthaart und das Enthaarungsmittel durch reichliche Wasserspülung sorgfältig entfernt. Hierauf wurden bei dem auf dem Rücken aufgebundenen Tier die enthaarten Pfoten mit Mullbinden, die mit Ringer-Lösung durchtränkt waren, in zahlreichen Touren umwickelt und auf das so entstandene nasse Bindenpolster flächenförmig sich anschmiegende dünne Kupferblech-Elektroden zur Ableitung angebracht. Sodann wurde dem Tier zur Erleichterung der Atmung eine Trachealkanüle eingelegt und das Sternum, wie dies ja beim Kaninchen möglich ist, ohne Verletzung der Pleuren entfernt. Nach Eröffnung des Herzbeutels, den wir rechts und links aussen am Thorax fixierten, wurde oberflächlich durch die Herzmuskelwand links hinten ein Seidenfaden eingebunden. Der Seidenfaden wurde quer unter dem Herzen nach rechts zwischen Herz und Herzbeutel durchgeführt, sodass er an der rechten Seite des Herzens zum Vorschein kam. Ein zweiter Faden wurde ebenfalls in Höhe der Mitte zwischen Herzspitze und Atrioventrikulargrenze vorn rechts in die Wand des rechten Ventrikels eingebunden und der Faden nach links gelegt. Zieht man jetzt an beiden Fäden in horizontaler Richtung, so macht das Herz eine Drehbewegung um seine Längsachse, sodass der rechte Ventrikel nach vorn und mehr nach links und der linke ganz nach hinten und mehr nach rechts zu liegen kommt. Hierbei lässt es sich

manchmal kaum vermeiden, dass sich das Herz etwas vom Rücken abhebt. Um dies auszuschliessen, wird gleichzeitig mit einem durch Condomgummi geschützten Finger das Herz sanft nach hinten gedrängt. Zur Verbesserung der Ableitungsverhältnisse am freigelegten Herzen wurde der Herzbeutel mit warmer Ringer-Lösung ausgegossen. Zu verschiedenen Zeiten vor und nach den einzelnen Operationen wurde nun das Elektrokardiogramm durch Ableitung an den Vorderpfoten aufgenommen. Es zeigte sich stets, dass die Elektrokardiogramme vor der experimentellen Herzdrehung im wesentlichen übereinstimmten und insbesondere eine ausgesprochene positive J-Zacke aufwiesen. Sofort nach der künstlichen Rotation des Herzens änderte sich das Bild der J-Zacke vollkommen. Es kam zu fast gänzlicher Negativität. Den Beleg hierfür mögen Figur 4 und 5 bilden.

Damit ist der experimentelle Beweis erbracht, dass Lageveränderungen des Herzens im Sinne einer Rotationsbewegung imstande sind, eine totale Umkehr der J-Zacke im Elektrokardiogramm hervorzurufen. Diese Feststellungen erlauben ferner den Schluss, dass die Veränderungen des Elektrokardiogramms, die wir bei angeborenen Herzfehlern und reineren Formen der Mitralstenose finden, durch die geschilderten Lageverhältnisse, nicht aber durch die anatomischen oder funktionellen Anomalien des Herzens an sich bedingt sein können.

Die experimentelle Umkehr der J-Zacke des Elektrokardiogramms zu gänzlicher Negativität gelingt auch bei künstlicher Drehung des Herzens in umgekehrter Richtung, wobei linkes Herz mehr nach rechts und stark nach vorne rückt. Bei dieser Form der Rotation können auch die anderen Zacken negativ werden. Wir werden über diese Versuche an anderer Stelle ausführlich berichten.

---

In der Wahlsitzung wurden Herr Prof. Dr. König und Herr Prof. Dr. Jores zu ordentlichen Mitgliedern, die Herren Privatdozenten Dr. Berblinger und Dr. Löning zu ausserordentlichen Mitgliedern gewählt.

---

# Sitzungsberichte

der

## Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

---

---

**Nr. 6**

**November**

**1913**

---

---

In der Sitzung vom 20. November 1913 sprach Herr  
O. Bruns:

### **Ueber die Änderungen der Blutzirkulation im Lungen- kreislauf bei Änderungen der Lungen- spannung und die praktische Bedeutung dieser Zirkulationsänderungen bei therapeutischen Eingriffen an der Lunge.**

Die von Lohmann und Müller in dieser Gesellschaft im Sommer vorgetragenen Untersuchungen „über die Durchblutung der Lunge in verschiedenen Dehnungszuständen“ bestätigen vollauf meine im Archiv für klinische Medizin Bd. 109 1912 publizierten Versuchsergebnisse, die dahin lauteten: „Die physiologisch ausgedehnte Lunge wird in der Zeiteinheit stärker durchblutet als die kollabierte atelektatische Lunge“. Ausserdem enthält ja auch, wie ich zeigen konnte, diese kollabierte Lunge in einem gegebenen Zeitmoment weniger Blut als die normal ausgedehnte Lunge; diese relative Blutarmut und schwächere Durchblutung kollabierter Lungen erklärt zugleich das Resultat früherer Untersuchungen über den Sauerstoffgehalt des Körperarterienblutes. Ich fand nämlich damals, dass sich trotz Kollapses einer ganzen Lunge der Sauerstoffgehalt des Blutes kaum vermindert.

Nebenbei erwähnt haben Lohmann und Müller meine Untersuchungen bestätigt, die ergeben hatten, dass selbst bei Dehnung der Lungen durch einen extrathorakalen Unterdruck von 30 cm Wassersäule keine Überspannung der Alveolarkapillaren eintritt, die Durchblutungsgrösse vielmehr auch jetzt noch zunimmt. Ich glaube das so erklären zu dürfen: Die auf die Aussenseite des Thorax wirkende, dehnende Kraft entfaltet ausser den mehr oberflächlich gelegenen nun auch die zentralen, normaler Weise schwächer ventilerten und durchbluteten Lungenbezirke. Es erschien die Zunahme der Durchblutungsgrösse bei zunehmender Dehnung der Lungen vielleicht auf den ersten Anblick etwas befremdlich, ist doch die Blutarmut einer emphysematös erweiterten Lunge allgemein bekannt. Diese Blutarmut beruht aber darauf, dass die Alveolarkapillaren der emphysematösen Lunge durch eine intra-alveoläre Luftdrucksteigerung komprimiert werden und nachträglich atrophieren. Die Ursache jener Luftdrucksteigerung aber beruht auf einer chronisch entzündlichen Schwellung und Verengung der Bronchien.

Lohmann und Müller haben sich ebenfalls bei ihren Versuchen der Durchströmung der Lungengefässe von der Arteria pulmonalis aus bedient. Ein Unterschied in der Methodik besteht nur darin, dass ich die Lungen im Thorax in intakten Pleurahöhlen belies und also bei physiologischer Ausdehnung der Lungen experimentierte. Den Kollaps einer Lunge erreichte ich durch eine kleine Incision im Intercostalraum.

Die Lohmann-Müllersche Methodik beugt in geschickter Weise eine Abkühlung der Lunge während des Versuches vor. Mir hat diese Abkühlung anfangs Schwierigkeiten bereitet, zugleich aber die interessante Beobachtung ermöglicht, dass die Temperaturerniedrigung der Lungensubstanz unter die Blutwärme einen sehr energischen Krampf der Gefässmuskulatur in den kleinsten Lungengefässen hervorruft. Dieser Gefässkrampf war häufig so stark, dass kaum ein paar Tropfen Blut mehr aus der Arteria pulmonalis ins linke

Herz gelangten. Setzte ich dann der Durchströmungsflüssigkeit Atropin zu, so löste sich der Krampf sofort und die frühere Menge Blutes passierte nun wieder die Lungengefäße. Diese Abkühlungserscheinungen demonstrieren also die Möglichkeit intensiver Kaliberschwankungen der Lungengefäße aufs deutlichste. Ueber einen zentralen Vasomotorentonus der Lungengefäße und eine nervöse Regulation der Gefäßweite konnten meine Versuche natürlich keinen Aufschluss erbringen, wohl aber zeigen sie, dass die kleinen Lungengefäße genau so auf lokale thermische und chemische Einwirkungen mit Kontraktion und Erschlaffung reagieren, wie die Gefäße des grossen Kreislaufs.

Die Angaben von Lohmann und Müller, dass die von der Trachen aus aufgeblähte Lunge schlechter durchblutet wird, als die durch das extrapleurale Unterdruckverfahren Sauerbruchs ausgedehnte, kann ich auf Grund eines bisher nicht publizierten Versuchs durchaus bestätigen.

Wenn ich zu Anfang auf die Zirkulation des Blutes in der kollabierten Lunge näher eingegangen bin, so geschah das, weil die Kenntnis der Durchblutungsverhältnisse normaler und kollabierter Lungen für die Beurteilung der Erfolge der Kollapstherapie erkrankter Lungen von grosser Wichtigkeit ist. Sie werden mich nun fragen, was die Ansicht der Aerzte über die Natur der in der Kollapstherapie wirksamen Heilfaktoren ist. Die Antwort lautet: Wir sehen den Nutzen der Kollapstherapie in der Ruhigstellung der erkrankten Lunge, sowie in der Aenderung der Blutzirkulation und ihren Folgen. Man hatte sich dabei speziell der Auffassung angeschlossen, dass die Zirkulation in der kollabierten Lunge herabgesetzt sei. Die neuesten Resultate Cloettas, dass die Lunge im ersten Drittel der Einatmungsphase am besten durchblutet werde, widersprechen dieser Auffassung nicht. Im übrigen aber muss scharf darauf hingewiesen werden,

dass das Bestreben der Aerzte schon der Ruhigstellung der Lunge halber ganz allgemein darauf hinzielt, die tuberkulöse Lunge nicht nur zum Kollaps zu bringen, sondern wenn irgend möglich unter einem konstanten intrapleuralem Blutdruck komprimiert zu erhalten. Eine solche längere Zeit komprimierte Lunge ist aber, wie das meine zahlreichen histologischen Untersuchungen beweisen, sicherlich nur ganz schwach durchblutet. Die Alveolarkapillaren sind hier grösstenteils überhaupt blutleer, nur die grösseren Arterien und Venen sind gut mit Blut gefüllt.

Worin liegt nun aber die Bedeutung der Zirkulationsverminderung für die Heilungsvorgänge in tuberkulösen komprimierten Lungen? Da haben wir folgende Punkte besonders ins Auge zu fassen:

1. In der komprimierten luftleeren Lunge vermag das Blut sich nicht mehr mit Sauerstoff anzureichern. Dieser Sauerstoffmangel aber erschwert empfindlich die Lebensbedingungen der Tuberkelbazillen, die ja bekanntlich ein ganz ausserordentlich hohes Sauerstoffbedürfnis haben.

2. Die Verlangsamung bzw. Hemmung der Blutzirkulation hat natürlich auch eine Verlangsamung der Lymphbewegung im Gefolge. Damit aber ist die Ausbreitung der Tuberkelbazillen in die Nachbarschaft auf Blut- und Lymphbahnen erschwert.

3. Nicht weniger wichtig ist, dass durch die Störung der Blut- und Lymphbewegung auch die Resorptionsbewegungen für die Toxine der Tuberkelbazillen wesentlich verschlechtert sind. Ich selbst habe es mehrfach beobachtet und jeder Arzt, der sich mit Kollapstherapie befasst, wird es mir bestätigen können, dass, wenn der Totalkollaps der Lunge gelingt, durch die Hemmung der Resorption dieser giftigen Stoffwechselprodukte in den Kreislauf eine eklatante Besserung des Allgemeinbefindens eintritt. Fieber, Appetitlosigkeit, Nachtschweisse und Abmagerung hören auf und

der Kräftezustand des Patienten hebt sich in wenigen Wochen ausserordentlich.

In der starken Bindegewebswucherung, die man in komprimierten, tuberkulös erkrankten Lungen regelmässig autoptisch nachweisen kann, hat man einen willkommenen Abkapselungsprozess tuberkulöser Herde, also einen Heilungsvorgang gesehen. Auch diese reaktive Bindegewebswucherung hat man als die Folge der Veränderung der Blut- und damit der Lymphzirkulation angesehen.

Speziell Brauer hat dann noch darauf hingewiesen, dass die infolge der verminderten Resorption an Ort und Stelle angehäuften tuberkulösen Toxine einen vermehrten lokalen Reiz auf die Bindegewebsneubildung ausüben könnten.

So bedeutungsvoll sich die Zirkulationsänderungen in kollabierten und komprimierten Lungen im Kampf des Organismus gegen den tuberkulösen Zerstörungsprozess erwiesen hat, scheint es uns doch, als ob der Beweis für die Abhängigkeit der Bindegewebswucherung von der Zirkulationserschwerung nicht sicher erbracht wäre.

Monatelange energische Kompression vorher gesunder Kaninchenlungen führte zwar in meinen Versuchen zu entzündlicher Pleuraverdickung, aber trotz Blut und Lymphstauung zu keiner echten diffusen Bindegewebswucherung.;

Rief ich die Zirkulationsstörung in der Lunge dadurch hervor, dass ich den zur rechten oder linken Lunge ziehenden Hauptast der Lungenarterie unterband, so beobachtete ich in der Tat eine ausgedehnte Bindegewebsvermehrung auch in der vorher gesunden Lunge. Dieses neugebildete Bindegewebe war aber zweifellos entzündlichen Ursprungs. Es waren pleurogene Wucherungen des interlobulären, bezw. herdförmige Neubildungen des interalveolären und peribronchialen Stützgewebes.

Auch Schur spricht in seinen vor kurzem erschienenen Studien zur Pneumothoraxbehandlung die Ansicht aus, dass

man die Bindegewebswucherung in kollabierten tuberkulösen Lungen wohl nicht als ein Zeichen einer Ausheilungstendenz, also nicht als Folgeerscheinung der Zirkulationsstörungen betrachten dürfe.

Die Darstellung über die Folgezustände der Zirkulationseinschränkung bei einseitigem Lungenkollaps wäre unvollständig, wenn ich nicht zum Schlusse auch noch einer allerdings unerwünschten, aber bei vorsichtiger Handhabung der Pneumothoraxtherapie doch ungefährlichen Folgeerscheinung gedächte.

Die monatelang unterhaltene Kompression einer Lunge bedeutet eine erhebliche Einengung der Lungenstrombahn. Soll trotzdem die Blutzirkulation im Lungenkreislauf, präzise ausgedrückt die Zufuhr des arterialisierten Blutes zum linken Herzen ungeschmälert vor sich gehen, so hat das an sich schon muskelschwache rechte Herz eine wesentliche Mehrarbeit zu leisten.

Sie werden mir einwenden, dass das nicht notwendig die Folge der Kompression einer Lunge sei; es könnte doch auch das Gefässnetz der anderen Lunge entsprechend sich erweitern, sodass eine Verkleinerung des Gesamtgefässquerschnittes garnicht eintrete.

Diese Erweiterung der Gefässe der nicht komprimierten Lunge tritt auch in der Tat ein; dass sie aber nicht genügt, um dem rechten Herzen die Mehrarbeit zu ersparen, beweisen meine Versuche an zahlreichen Pneumothoraxtieren, die ergaben, dass nach Verlauf von 3 Monaten schon eine Hypertrophie des rechten Herzens auftritt.

Diese Versuche wurden inzwischen von mehreren Autoren (Carlström, Waller, Halahult, Hofbauer) durch Sektionsbefunde an Patienten bestätigt. Man fand, dass nach durchschnittlich 3 monatelangem Bestehen des einseitigen Pneumothorax eine starke Hypertrophie mit Erweiterung des rechten Herzens nachzuweisen war.

Die praktische Bedeutung bezw. der günstige Einfluss der Zirkulationsherabsetzung in der Lunge liegt also in der für den Tuberkelbazillus schädlichen Sauerstoffarmut, in der Verhinderung der Aussaat der Bakterien auf dem Blut- und Lymphweg und endlich in einer Hemmung der Ueberflutung des Gesamtorganismus mit den tuberkulösen Toxinen.

---

Weiter hielt Herr Jaensch den Vortrag:

### Die Farbenkonstanz der Sehdinge.

1. Votr. hat bereits anderwärts erwiesen, dass die unter dem Einfluss wechselnder Beleuchtung auftretende Farbentransformation der Sehdinge nicht auf die Wirksamkeit des Umgebungskontrastes zurückgeführt werden kann, wie in der Regel angenommen wird. Gleichwohl besteht zwischen der Farbentransformation durch Aenderung der Beleuchtung und den Erscheinungen des Umgebungskontrastes ein enger Zusammenhang. Bezeichnet man mit Hering bei den Kontrastversuchen das kontrastleidende Feld als „Infeld“, das kontrast-erregende Feld als „Umfeld“ und definiert man bei den Versuchen über Farbentransformation ein Objekt, welches in einem irgendwie beleuchteten Raume dargeboten wird, als „Infeld“, den Raum selbst als „beleuchteten Raum“ (je nach der Beleuchtung als „dunkel-, hell-, gelb- etc. beleuchteten Raum), so gilt nach den Versuchen des Votr. folgender Hauptsatz:

Grundgesetze des Kontrastes gehen über in Grundgesetze der Transformationsfarben, wenn man in den Kontrastgesetzen den Terminus „Umfeld“ ersetzt durch den Terminus „beleuchteter Raum“.

Beispiel: Nach den Versuchen von Pretori und Sachs gilt für den Umgebungskontrast der Satz:

Das in einem farbigen Umfeld neutral erscheinende Infeld bleibt neutral, wenn seine farbige und seine weisse Valenz proportional wachsen.

Nach den Versuchen des Votr. gilt für die Transformationsfarben das Parallelgesetz: Das in einem farbige beleuchteten Raum neutral erscheinende Infeld bleibt neutral, wenn seine farbige und seine weisse Valenz proportio-

nal wachsen. — Letzterer Satz gilt, wie alle vom Votr. ermittelten Gesetze der Transformationsfarben, auch dann, wenn die Wirksamkeit des Umgebungskontrastes ausgeschlossen und die Möglichkeit einer Zurückführung des Gesetzes auf das analoge Kontrastgesetz abgeschnitten ist.

2. Durch eine einfache Umschreibung der Formeln zeigt Votr., dass das eben erwähnte Parallelgesetz in der physiologischen Sprache der Valenzen nichts anderes ausdrückt als die Tatsache, dass von der farbigen Beleuchtung, sei es total oder partiell, abstrahiert wird.

3. Wie der Satz von Pretori und Sachs von den quantitativen Verhältnissen des Farbenkontrastes, so gibt der Satz von Hess und Pretori von den quantitativen Verhältnissen des Helligkeitskontrastes Rechenschaft. Auch zu diesem Satz gilt bei den Transformationsfarben das Parallelgesetz, Indem man die Hintergründe des unter verschiedener Beleuchtung stehenden Infeldes in geeigneter Weise wählt, kann man auch hier den Nachweis erbringen, dass es nicht angängig ist, das Parallelgesetz auf das analoge Kontrastgesetz zurückzuführen. Auch hier drückt — wie durch eine Umschreibung der Formeln andernorts gezeigt werden wird — das Parallelgesetz in der physiologischen Sprache der Valenzen lediglich die Tatsache aus, dass von der Beleuchtung (total oder partiell) abstrahiert wird.

4. Wenngleich es nicht angeht, die Gesetze der Transformationsfarben auf die Gesetze des Umgebungskontrastes zurückzuführen, so nötigt doch der Parallelismus der Sätze zu der Annahme einer inneren Zusammengehörigkeit beider Erscheinungsgebiete. Eine solche Zusammengehörigkeit besteht in der Tat; aber das primäre Phänomen ist nicht die angeblich vorhandene und rein photochemisch zu erklärende Wechselwirkung der Netzhautstellen, sondern der den Transformationsfarben zu Grunde liegende Abstraktionsprozess. Die Kontrastphänomene sind Gedächtniserscheinungen (Engramme).

Mindestens auf psychophysischem Gebiet — wenn nicht in weiterem Umfang — gilt der Satz, dass ein Vorgang, welcher sich unter gewissen Begleitumständen B sehr häufig abgespielt hat, beim Gegebensein ähnlicher Begleitumstände B' von neuem wiederauftritt. Ist die Beleuchtung bei den Versuchen über Farbentransformation beispielsweise gelb, ist also unter den Versuchsumständen B ein gleichförmiges Gelb über das Gesichtsfeld ausgebreitet, so sind die Versuchsumstände B, unter denen infolge des Abstraktionsprozesses eine Farbentransformation stattfindet, den Begleitumständen B' ähnlich, welche dann vorliegen, wenn ein Infeld auf gelbem Umfeld dargeboten wird. Dieses zwischen den Kontrasterscheinungen und den Transformationsfarben bestehende Abhängigkeitsverhältnis erklärt ebensowohl die Tatsache, dass der quantitative Betrag der Farbenänderung beim Kontrast im allgemeinen geringer ist als bei den Transformationsfarben, wie auch die weitere Erscheinung, dass der quantitative Betrag der Farbenänderung mit der Aehnlichkeit von B und B' zunimmt (Homogenität des Umfeldes, Florkontrast).

5. Die vom Vortr. erhaltenen Ergebnisse stehen mit den Grundannahmen der Theorie der Gegenfarben in Einklang. —

Die Untersuchung, welche in ausführlicher Form veröffentlicht werden wird, möchte an einem Beispiel zeigen, wie die im Vordergrund der philosophischen Diskussion stehende Frage nach dem Verhältniss der sog. höheren zu den sog. niederen seelischen Funktionen einer exakten Lösung entgegen geführt werden kann.

---

In der Wahlsitzung wurde Herr Professor Dr. P. Esch zum ausserordentlichen Mitglied gewählt.

---

# Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der  
gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

---

---

Nr. 7

Dezember

1913

---

---

In der Sitzung vom 17. Dezember sprach Herr Arthur Schwantke über:

## **Beiträge zur Erklärung der Meteoritenbildung.**

Der Vortrag bildet die Ergänzung zu dem Vortrage des Verfassers in der Sitzung vom 30. Juli 1913 über:

## **Die chondritische Struktur der Meteoriten und gewisse Analogien im eisenführenden Basalt und in protogenen basaltischen Ausscheidungen.**

Im Nachstehenden ist der Inhalt beider Vorträge zusammengezogen.

Wenn wir uns nach irdischen Analogien mit den Meteoriten umsehen, so finden wir solche vor allem in Verbindung mit basaltischen Gesteinen, einerseits in Beziehungen zu diesen selbst, andererseits und ganz besonders in den Urausscheidungen der Olivin-Pyroxenknollen und in dem mit dem Basalt vorkommenden gediegenen Eisen. Der Verfasser ist seit Jahren mit der Untersuchung dieser Erscheinungen beschäftigt. Ausgehend von der Untersuchung der grönländischen Eisenvorkommen im Basalt, wozu später noch die des Eisenvorkommens vom Bühl bei Cassel treten musste, wurden besonders die genannten protogenen Aus-

scheidungen der Basalte einem sorgfältigen Studium unterworfen, worüber auch schon in diesen Sitzungsberichten November 1904 und Juli 1905 berichtet wurde. Die fortgesetzten Untersuchungen lieferten neue Resultate. Von ganz besonderer Wichtigkeit war aber zum Vergleich mit dem irdischen Material auch das Studium der Meteoriten. Der Verf. ist Herrn Geheimrat Prof. Dr. Th. Liebisch in Berlin zu ganz besonderem Dank verpflichtet, der ihm das reiche Material des Mineralogischen Museums von Berlin zur Untersuchung überliess.

Im Anfang ergaben sich eigentlich kaum bemerkenswerte Analogien, weder zwischen dem Eisen im Basalt und den protogenen Ausscheidungen noch zwischen diesen Vorkommen und den Meteoriten. Die Aufklärung des rätselhaften „Angegriffenseins“ des protogenen basaltischen Augit und die Beobachtungen über das Verhalten des Eisens im schmelzflüssigen Basalt geben aber einige Fingerzeige, die uns vielleicht eine Erklärung der scheinbar so ganz von den irdischen Vorkommen abweichenden Verhältnisse der Chondriten (zum mindesten als brauchbare Hypothese) ermöglichen.

Alle früheren Beobachter, die sich mit den protogenen Olivin-Pyroxenfelsknollen befassten, haben der Erscheinung des „Angegriffenseins“ ihre Aufmerksamkeit gewidmet, aber schon die Wahl der Bezeichnung lässt erkennen, dass man sich über den eigentlichen Grund der Erscheinung nicht klar werden konnte. Wenn man Zusammenhängendes in seinen Extremen trennen will, so kann man wohl die beiden Arten des körnigen Angegriffenseins und des inneren „schlackigen“ unterscheiden. Das erstere lässt sich dann noch ganz gut mit der Einwirkung des basaltischen Magmas durch Einschmelzen und Umkristallisation erklären. Diese Erklärung versagt aber bei der anderen Art, hier kann weder von einer Umkristallisation noch von einer magmatischen Schmelzung im gewöhnlichen Sinne die Rede sein. Der Verf. hat diese Erscheinung i. J. 1904 (Neues Jahrb. f. Min. etc.,

Beil. Bd. XVIII, pag. 486—489) beschrieben, es gelang aber kaum, sie einigermaßen plausibel zu erklären. Erst weitere Untersuchungen haben Aufklärung geschaffen.

Wenn wir die Verteilung der Olivinknollen in den Basalten betrachten, so zeigt sich, dass sie keineswegs gleichmässig verteilt sind. Sie fehlen durchschnittlich in den kieselsäurereicheren Doleriten oder Trappen und treten viel häufiger in den kieselsäurereicheren dunklen Basalten und Limburgiten auf, aber auch hier in ganz unregelmässigen Mengenverhältnissen. Die Einwirkung des Magmas eines solchen dunklen Basaltes auf die protogenen Augite kann man am besten an den Einzelkörnern zersprengter Olivinfelse sehen, sie wachsen als basaltischer Augit weiter. Man wird also im allgemeinen sagen müssen, sie befinden sich mit der Schmelze im Gleichgewicht. Es sind auch die Erscheinungen des „Angegriffenseins“ keineswegs in den Olivinknollen aller Basalte gleich gut zu studieren. Es zeigte sich schliesslich, dass hierzu die Vorkommen solcher Basalte ganz besonders geeignet sind, die jetzt mit so vielerlei Namen belegt werden, Nephelinbasalte, Basanite, Basanitoide, Alkalibasalte, Trachydolerite etc. Das sind unter sich recht verschiedene Gesteine; worauf es hier ankommt, ist, dass sie entweder Nephelin oder Leucit oder einen noch etwas wenig genau bekannten „Feldspat“ oder neben dem gewöhnlichen Plagioklas reichliche Mengen eines farblosen Glases besitzen. Alle diese letztgenannten treten als letzte nichtidiomorphe Ausscheidung als „Füllmasse“ auf, und an den gerade hier besonders starken Erscheinungen des „Angegriffenseins“ zeigte sich, dass es sich dabei in der Tat um eine magmatische Einwirkung handelt, nicht eine Einwirkung der ganzen Basaltschmelze, sondern gerade dieser Komponente, die zuletzt als das farblose Mineralgemenge auskristallisiert und mit der die protogenen Augite offenbar nicht im chemischen Gleichgewicht stehen. Wie die Sache im einzelnen verläuft, lässt sich nur an der Hand von Abbildungen erläutern; dies wird in einer ausführlichen Publi-

kation geschehen. Hier interessiert uns vor allem, dass es an den Stellen des intensiven Angegriffenseins zu einer eigentümlichen Umkristallisation kommt, die auffallend an gewisse man könnte fast sagen blastische Kristallisationen in manchen Meteoriten erinnert.

Man beobachtet bei den Meteoriten vielfach ausser der ersten primären Kristallisation speziell auch der chondritischen und den Erscheinungen der mechanischen Zertrümmerung und der rein oberflächlichen Umkristallisation an der Schmelzrinde eine deutliche Umkristallisation, die man bisher am besten als Thermometamorphose und Sammelkristallisation gedeutet hat (vgl. W. A. Wahl, Beiträge zur Chemie der Meteoriten. Zeitschr. für Anorgan. Chemie. 69. 1911. 52 ff.; H. Michel, Die Feldspate der Meteoriten. Tschermin. Min. petr. Mitt. XXXI. 1912. 563 ff.). Es ist auch wohl zweifellos, dass eine solche besonders in den silikathaltigen Eisenschmelzen sehr leicht stattfinden konnte. Es ist aber bemerkenswert, dass gerade bei den hier in Parallele gezogenen Umkristallisationen eine innige Beteiligung des farblosen Minerals stattfindet. Verf. hat daher bei seinen Studien am Berliner Material auch ganz besonders dem Auftreten dieser Substanzen seine Aufmerksamkeit gewidmet. Es stand ihm damals noch nicht die oben genannte ausserordentlich dankenswerte Arbeit von H. Michel zu Gebote, die aber ganz die gemachten Beobachtungen bestätigt. Es sind in den Meteoriten Feldspate vorhanden von sauren Gliedern bis zum Anorthit und daneben, das erscheint hier besonders wichtig, ist auch ein farbloses Glas sehr verbreitet, das den Feldspat begleitet oder ersetzt, ganz wie bei den Basalten. Wenn wir aber auch solche Kristallisationen auffinden, die wir in der Erscheinung mit jenen Umkristallisationen im angegriffenen Olivin-Pyroxenfels vergleichen können, so liegt zunächst nur eine äussere Analogie vor. Die Möglichkeit einer inneren Verwandtschaft ergibt sich erst aus dem Folgenden.

Der charakteristische Unterschied der Meteoriten von den basaltischen protogenen Ausscheidungen liegt (abgesehen von dem Eisen) in den typischen Chondren. Eine Ähnlichkeit zwischen den strahligen Kristallisationen jener Olivinknollen und gewissen strahligen Chondrenbildungen herzuleiten, wäre sehr verfehlt, man muss im Gegenteil sagen: irgendwelche typischen Anklänge an Chondrenbildung sind in diesen protogenen Ausscheidungen niemals beobachtet<sup>1)</sup>. Dann liegt jedenfalls der Versuch nahe, die Chondrenbildung, die im wesentlichen eine strukturelle Verschiedenheit ist, mit dem durchgreifenden Hauptunterschied in Verbindung zu bringen, und dieses ist zweifellos der Eisengehalt. Man kann mit viel grösserer Sicherheit behaupten, dass es in den Olivinfelsen etc. keine Chondren gibt, als dass Meteoriten gefunden sind, in denen kein Eisen vorkommt. Jeder neue Schliff kann solches entdecken.

Zunächst lag es nahe, in den eisenführenden Basalten nach den protogenen Bildungen zu suchen. Das ist auch durch den Verf. reichlich geschehen, aber mit absolut negativem Resultat. Im Gegenteil stellte sich heraus, dass das Auftreten des grönländischen Eisens, wie vom Verf. bereits früher berichtet wurde (Sitzungsber. Berliner Akad. d. W. Physikal.-mathem. Cl. L. 1906. 857) mit irgend einem protogenen Ursprung aus der Tiefe nichts zu tun hat. Genau das gleiche ist in dem Vorkommen des Eisens im Basalt vom Bühl bei Cassel der Fall<sup>2)</sup>. Hier ist das Eisen durch die Reduktion des Magnetkieses oder vielleicht (das lässt sich noch nicht entscheiden) primär aus Schwefelkies entstanden,

---

1) Die von F. Rinne (N. Jahrb. f. Min. etc. 1895. II. 233. Taf. VII) beschriebenen körnigen Analogien aus Basalten, wären in diesem Sinne nicht als echte Chondren zu betrachten.

2) Das Vorkommen ist von dem ursprünglichen Entdecker noch nicht bearbeitet. Der Verf. verdankt eine ganz besonders vollkommene Serie des Eisens und des begleitenden anderen Materials Herrn Professor Milde in Cassel.

der mit einer magmatischen Ausscheidung nichts zu tun hat, sondern als fremder Einschluss in den Basalt gelangt ist. Danach wären also eigentliche Chondrenbildungen zusammen mit dem terrestrischen Eisen im Basalt nicht beobachtet und man kann geneigt sein, diesen absonderlichen Bildungen auch ganz besondere Entstehungsbedingungen zuzuschreiben. Dafür wird sich keine andere Annahme besser eignen als die der Bildung als erstarrte Silikattropfen. Vgl. W. Wahl op. cit. pag. 80: „Die Entstehung der Chondren lässt sich also ganz allgemein als durch Zerstäubung von Silikatschmelzfluss innerhalb einer heissen Atmosphäre und Kristallisation der hierdurch entstandenen Tropfen von aussen nach innen zu erklären.“ Für die Struktur der kristallinen Chondrite kommt dann noch die Thermometamorphose dazu. l. c. p. 86: „Die Verfestigung und die Entstehung der kristallinen Strukturen der Chondrite lässt sich auf eine Erhitzung (Thermometamorphose) zurückführen, durch welche die Mineralsplitter und Chondren je nach der Intensität der Hitzewirkung mehr oder weniger kräftig aneinander geschweisst werden und die ursprünglich vorhandene Tuffstruktur verwischt wird.“

Von besonderem Interesse sind die künstlichen Versuche von F. Rinne (N. Jahrb. f. Min. etc. 1895. II. 233), der in der Tat durch Schmelzen und Versprätzen der entsprechenden Silikate chondrenartige Bildungen erhielt. Manche Absonderlichkeiten lassen sich wohl auch ganz befriedigend damit erklären, bei anderen, z. B. bei den Corrosionserscheinungen, bei den gekammerten sowie den Pilz- und Doppelchondren ist die Sache schwieriger. Am ersten den irdischen Bildungen verwandt sind die sphärolithischen Chondren, und C. Klein (Abhandlungen d. Königl. Preuss. Ak. d. Wiss. v. Jahre 1906. Berlin 1906, pag. 35 u. 37) legte besonderen Wert auf die sphärolithischen Chondren, die „nicht excentrisch strahlig sind, sondern radialstrahlig von einem Centrum nach allen Richtungen hin gleichmässig ausstrahlen und echte Sphärolithe darstellen“ . . . . „Infolgedessen stellt sich die

Chondrenstruktur nicht als etwas Besonderes, sondern auf der Erde längst Bekanntes dar. Danach besteht kein Gegensatz zwischen den ausserirdischen und den irdischen Gesteinen.“ F. Berwerth bemerkt dazu (Fortschritte d. Mineralogie, 3. Bd. Jena 1913. 250): „Von anderer Seite ist diese Anschauung nicht bestätigt worden.“ In der Tat bilden die echt sphärolithischen Chondren, die in den sphärolithischen irdischen Gesteinen ihre Analogie haben, nur einen kleinen Teil; man kann die irdischen Analogien noch erweitern, indem man auch die dendritisch-variolitischen Bildungen hinzunimmt, wie sie z. B. vom Verfasser (N. Jahrb. f. Min. etc. Beil. Bd. XVIII. 1904. Taf. XLI Fig. 14—16) aus dem Dolerit von Ofleiden beschrieben sind. Es bleiben aber immer nur einzelne Analogien und gerade die charakteristischen Chondrengebilde sind den irdischen Gesteinen fremd.

Für die Existenzfähigkeit des gediegenen Eisens im Silikatschmelzfluss kommt, wie W. Wahl (op. cit.) nachweist, einmal ein Mangel an Sauerstoff und die geringe Bildungswärme der Sauerstoffverbindung des Eisens gegenüber denen der anderen begleitenden Elemente in Betracht. Auch das entsprechende Sulfid des Eisens hat eine geringere Bildungswärme. So kommt es, dass sich im Basalt vom Bühl z. B. das gediegene Eisen auch neben partiell eingeschmolzenen Quarzeinschlüssen erhalten kann. Es reagiert weder mit diesen noch mit den anderen Silikaten. Wir haben es also im schmelzflüssigen Zustand mit zwei Schmelzen zu tun, die sich miteinander nicht mischen. Das ist auch bei dem grönländischen Eisen der Fall. Das Eisen erstarrt zuletzt. In dem Basalt von Uifak hat auf dieses Verhältnis schon W. Wahl (Tscherm. Min. Mitt. 26. 1907. 61) hingewiesen: „Wie aus der vorhergehenden Beschreibung ersichtlich, hat der Silikatanteil unbehindert von dem Metallteile des Gesteins kristallisiert; er hat sich wie innerhalb der

Hohlräume eines Schwammes, dessen Gerüst der metallische Anteil war, verfestigt. Aber zur Zeit der Verfestigung der zwischenliegenden Silikatmasse muss das Metallgerüst noch selbst flüssig gewesen sein, denn die Silikate sind dem Metall gegenüber scharf idiomorph ausgebildet und hierdurch erhielten die Eisenteile ihre zackige Begrenzung. Es hat folglich das Magma, aus dem der Siderolith hervorging, vor dem Erstarren aus einem inhomogenen Gemische zweier Flüssigkeiten bestanden, die sich noch nicht entmischt hatten und von denen die eine aus den Plagioklas- und Pyroxensilikaten, die andere aus flüssigem Metall und Metallverbindungen zusammengesetzt war.“

Die beiden nicht mischbaren Flüssigkeiten bilden eine Emulsion und deren Charakter wird ganz von dem Mengenverhältnis der beiden Komponenten abhängen. Die Masse des basaltischen Eisens im Verhältnis zur Basaltschmelze ist gering. Andererseits werden wir aber, wenn wir uns einmal alle Meteoriten am Orte ihres Ursprungs als gemeinsames Magma vorstellen, hier gerade das Umgekehrte annehmen müssen. Nehmen wir noch an, dass sich die ganze Masse in lebhafter Bewegung befindet, so dass eine Trennung nach dem spezifischen Gewicht nicht stattfinden kann, so erhalten wir das Bild einer Eisenschmelze, in der viele kleine Tröpfchen des Silikatschmelzflusses regellos verteilt sind. Sinkt jetzt die Temperatur bis zur Kristallisation der Silikate, so erhalten wir auch hier nichts anderes als die Kristallisation von Silikattropfen, die aber nicht durch eine heisse Atmosphäre zu fliegen brauchen, sondern deren Kristallisation sich je nach dem Temperaturverlaufe langsamer oder schneller vollziehen kann. Es scheint, dass diese Hypothese manches für sich hat oder zum mindesten der Erwägung wert ist. Die chondritische Tuffstruktur wird durch eine nachträgliche Explosion, bei der sich auch eine spezifische Trennung der leichteren festen Chondren von dem Eisen vollziehen muss,

zwanglos erklärt, und ebenso lässt sich die körnig-chondritische Struktur durch eine spezifische Trennung in der Eisenschmelze selbst erklären, soweit wir sie nicht einer späteren Umkristallisation zuzuschreiben haben.

Bei der Trennung in der Schmelze brauchen wir auch nicht eine vorherige völlige Erstarrung des Silikatschmelzflusses anzunehmen, sondern es kann der zuletzt erstarrende Gemengteil noch flüssig sein. Da dieser auch bei den Meteoriten meist der Feldspat oder das Glas ist, so können wir nun hier versuchen, die oben auf Seite 136 angedeutete Verwandtschaft zwischen den Erstarrungsverhältnissen der Meteoriten und den aus den Olivinknollen beschriebenen Erscheinungen zu konstruieren. Jede Bewegung in dem die Silikatropfen einschliessenden flüssigen Eisen kann bereits erstarrte Magnesiasilikatpartien mit noch flüssiger feldspatreicherer Schmelze in Berührung bringen. Manche Resorptionsvorgänge und Umkristallisationen, sowohl in den einzelnen Chondren wie in den körnigen Chondriten lassen sich ganz gut auf diese Weise deuten. Eine Thermometamorphose und Sammelkristallisation kann dann daneben stattfinden.

Selbstverständlich sind alle diese Annahmen rein hypothetisch, nicht weniger wie manche andere auch. Sie sind aber auf gute Gründe gestützt und in einer so schwierigen Materie wie der der Meteoriten muss jeder neue Versuch einer Erklärung willkommen sein. Die Vergleichung der beobachteten Erscheinungen mit dieser Annahme wird über die Frage nach ihrer Berechtigung entscheiden.

---

In der Wahlsitzung wurde Herr Geh. Rat Prof. Dr. von Auwers zum ordentlichen Mitglied, die Herren Professor Dr. Hürter, Prof. Dr. Kirchheim und Herr Privatdozent Dr. Rohmer zu ausserordentlichen Mitgliedern gewählt.

---

In der Sitzung vom 7. Mai 1913 sprach Herr Arthur Schwantke über:

**Die erweiterte Dreiecksprojektion zur Darstellung von Gesteinsanalysen. Zweite Methode mit Konstanz des inneren Dreiecks.**

In der Sitzung vom 14. August 1912 dieser Gesellschaft (Sitzungsber. 1912, pag. 67 ff.) wurde über eine graphische Darstellung von Gesteinsanalysen berichtet, die eine Erweiterung der bisherigen Dreiecksprojektion ermöglicht und darauf beruht, dass zwei gleichseitige Dreiecke ineinander gestellt werden, derart, dass das kleinere im Innern des grösseren mit stets parallel bleibenden Seiten beliebig verschiebbar ist. Es ändern sich dadurch die Abstände der sich entsprechenden Seiten und jede Lage des inneren Dreiecks ist durch die drei Grössen dieser Abstände eindeutig bestimmt. Die gesamte Höhe des äusseren Dreiecks ist gleich der Summe dieser drei Abstände plus der Höhe des inneren Dreiecks, die ihrerseits wieder durch die Summe der drei Lote von irgend einem Punkte aus entsprechend der gewöhnlichen Dreiecksprojektion ersetzt werden kann, so dass sich auf diese Weise sechs unabhängige Grössen einer Analyse darstellen lassen.

Drei davon verteilen sich auf das innere und drei auf das äussere Dreieck. Mit der variablen Summe je der drei Grössen wechselt die Grösse beider Dreiecke. Zum Vergleich mehrerer Analysen ist es notwendig, dass die Grösse des einen der beiden Dreiecke konstant bleibt. Es ist dann für jede Analyse noch die zahlenmässige Angabe der Länge der anderen Höhe erforderlich, da sie sich bei der Verwendung von sechs Grössen aus der Projektion mit zwei Punkten nicht ablesen lässt. Dies ist jedoch der Fall, wenn einer der beiden Abstände im äusseren Dreieck  $= 0$  ist, d. h. wenn sich das innere Dreieck nur längs einer Seite des äusseren verschiebt, wenn also nur fünf Grössen einer Analyse darzustellen sind, die petrographisch gut entsprechen  $Na + K$ ,  $Ca$ ,  $Mg + Fe$  im inneren,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  im äusseren Dreieck.

Wir haben dann zwei Möglichkeiten. Entweder die Grösse des äusseren Dreiecks bleibt konstant (gleich der Summe 100 der Analyse). Dieser Fall wurde in der früheren Mitteilung dargestellt. Man kann aber auch zweitens (wie bei der Projektion nach Osann üblich) die Summe des inneren Dreiecks konstant, etwa wie sich dort bewährt hat gleich 20, setzen. Dann richtet sich die Höhe des äusseren Dreiecks nach dem Verhältnis der Summe der Basen zu der Summe von  $Al_2O_3 + SiO_2$  und bei Analysen, die sehr reich sind an einem oder beiden der letzteren, wird die Höhe dann im Verhältnis zur Höhe des kleinen Dreiecks sehr gross. Wenn wir also zum Vergleich mehrerer Analysen das innere Dreieck konstant nehmen und die Analysen darstellen durch den Basenpunkt  $(Na_2O + K_2O) + CaO + (MgO + FeO)$  im Innern des kleinen Dreiecks und den Mittelpunkt des äusseren grösseren Dreiecks (der bei den meisten Gesteinen ausserhalb fällt), so wird der Mittelpunkt des grossen Dreiecks mit wachsendem Gehalt an  $Al_2O_3$  und  $SiO_2$  von dem konstanten Dreieck der Projektion abrücken (ähnlich wie die Pole steiler Pyramiden in gnomonischer Projektion). Für reine Kiesel- oder Tongesteine ist diese Projektion also nicht recht geeignet. In den

meisten Fällen kann man aber mit Vorteil von ihr Gebrauch machen.

Die Berechnung und Konstruktion ist sehr einfach (namentlich wenn man schon die Osann'sche Projektion mit  $Na_2O + K_2O + CaO + MgO + FeO = 20$  so wie so berechnet hat). Die bezeichnete Summe der Basen ist konstant  $h = a + c + f = 20$  (entsprechend der Bezeichnung von Osann, aber  $a = Na_2O + K_2O$ ,  $c = CaO$ ,  $f = MgO + FeO$ ). In diesem Verhältnis sind dann die der Summe 100 der Analyse entsprechenden Werte  $S = SiO_2 + TiO_2$  und  $T = Al_2O_3$  umzurechnen in  $s$  und  $t$ , sodass dann die Höhe des grossen Dreiecks ist  $= h + s + t = H$ . Die Koordinaten für den Mittelpunkt des grossen Dreiecks bezogen auf das konstante innere Dreieck sind dann  $u = \frac{H}{3} - s$ ;  $v = \frac{H}{3} - t$ ;  $w = \frac{H}{3}$  (bei sechs Grössen  $w = \frac{H}{3} - r$ ). Es ist dann bei fünf Grössen jede Analyse eindeutig durch die beiden Punkte und das Dreieck der Projektion dargestellt, denn das Lot vom Mittelpunkte des grossen Dreiecks auf die der Seite  $R = O$  entsprechende Seite gibt genau die Grösse  $\frac{H}{3}$ .

Zweckmässig werden auch hier die Projektionswerte auf 0.5 abgerundet. Da die Grösse des inneren Dreiecks nicht zu gross genommen werden kann, so empfiehlt es sich, namentlich zum Vergleich mit der Osann'schen Projektion das kleine Dreieck mit den Basenpunkten noch in vergrössertem Maßstabe daneben zur Darstellung zu bringen.

Die beigegebenen Tafeln 1 bis 5 enthalten dieselben Analysen nach dieser Methode dargestellt, die in der früheren Mitteilung nach der anderen Art mit Konstanz des äusseren Dreiecks gegeben wurden. Die Tiefengesteine [Tafel 3] nach H. Rosenbusch, Elemente der Gesteinslehre, III. Auflage, die kristallinen Schiefer nach U. Grubenmann, Die kristallinen Schiefer, 2. Aufl., 1910.

I. Granit (Rosenbusch, pag. 88).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	17.5	11.0	15.5	7.5	9.0	9.5	10.5	12.0	14.5	9.5
c	2.5	4.5	2.5	4.5	7.0	2.5	6.0	4.5	2.0	5.5
f	0.0	4.5	2.0	8.0	4.0	8.0	3.5	3.5	3.5	5.0
H	247.5	150.0	220.5	133.5	153.0	127.5	154.5	177.0	217.5	190.5
u	-120.5	-63.0	-107.0	-59.5	-66.0	-52.0	-66.0	-81.5	-103.5	-89.0
v	58.0	33.0	53.5	35.0	35.0	29.5	34.5	42.5	51.0	45.5
w	82.5	50.0	73.5	44.5	51.0	42.5	51.5	59.0	72.5	63.5

II. Syenit (pag. 121).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	7.0	5.0	fehlt	5.0	6.0	8.0	7.0	10.5	5.0	5.5
c	4.5	3.0		5.5	4.5	6.0	5.0	4.0	5.5	7.0
f	8.5	12.0		9.5	9.5	6.0	8.0	5.5	9.5	7.5
H	97.5	81.0		78.0	87.0	121.5	85.5	126.0	96.0	78.0
u	-33.5	-26.0		-22.5	-28.5	-43.0	-28.5	-49.5	-34.5	-20.5
v	21.0	19.0		16.5	19.5	22.5	20.0	27.5	22.5	14.5
w	32.5	27.0		26.0	29.0	40.5	28.5	42.0	32.0	26.5

III. Diorit (pag. 166. 167).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	8.0	8.5	5.0	3.5	6.0	4.5	4.0	3.5	4.0	8.5
c	6.0	5.5	8.5	7.0	6.0	6.0	7.5	5.0	6.0	5.5
f	6.0	6.0	6.5	9.5	8.0	9.5	8.5	11.5	10.0	6.0
H	157.5	135.0	91.5	84.0	108.0	93.0	94.5	67.5	67.5	145.5
u	-66.0	-55.0	-28.0	-26.0	-39.5	-30.5	-28.5	-17.5	-18.0	-62.0
v	33.5	30.0	17.5	18.0	23.5	19.5	17.0	15.0	15.5	33.5
w	52.5	45.0	30.5	28.0	36.0	31.0	31.5	22.5	22.5	48.5

IV. Gabbro (pag. 180).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	4.0	1.5	2.5	1.5	1.5	1.0	2.0	1.0	1.0	2.5
c	8.5	6.5	9.5	10.0	7.5	9.5	9.5	8.5	7.5	7.5
f	7.5	12.0	8.0	8.5	11.0	9.5	8.5	10.5	11.5	10.0
H	78.0	60.0	67.5	69.0	60.0	58.5	70.5	51.0	52.5	67.5
u	-21.0	-13.5	-14.5	-12.0	-11.0	-11.0	-16.0	-5.5	-9.0	-15.0
v	15.0	13.5	12.0	9.0	11.0	11.5	12.5	8.5	11.5	12.5
w	26.0	20.0	22.5	23.0	20.0	19.5	23.5	17.0	17.5	22.5

Grubenmann I. Gruppe. Alkalifeldspatgneise. Tafel 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
a	11.5	12.2	12.2	11.2	15.1	14.1	8.0	6.7	10.1	13.4	9.7	8.2	11.4	6.8	12.2	10.2	10.5	12.1
c	3.2	2.3	2.0	3.2	1.3	2.0	5.3	3.2	2.5	0.4	3.8	3.0	0.8	1.7	3.9	1.8	1.8	1.2
f	5.3	5.5	5.8	5.6	3.6	3.9	6.7	10.1	7.4	6.2	6.5	8.8	7.8	11.5	3.9	8.0	7.7	6.7
s	134.9	98.8	134.0	77.6	154.8	112.3	99.4	67.9	109.7	113.5	117.8	113.5	134.0	133.5	140.5	134.3	94.8	136.0
t	15.0	12.9	15.4	19.3	14.0	21.3	12.1	10.2	12.3	30.2	13.8	10.2	15.2	12.8	16.5	12.3	10.9	16.4
H	169.9	131.7	169.4	116.9	188.8	153.6	131.5	98.1	142.0	363.7	151.6	143.7	169.2	166.3	177.0	166.6	125.7	172.4

Abgerundete Projektionswerte.

a	11.5	12.0	12.0	11.5	15.0	14.0	8.0	7.0	10.0	13.5	9.5	8.0	11.5	7.0	12.0	10.0	10.5	12.0
c	3.0	2.5	2.0	3.0	1.5	2.0	5.5	3.0	2.5	0.5	4.0	3.0	1.0	1.5	4.0	2.0	2.0	1.0
f	5.5	5.5	6.0	5.5	3.5	4.0	6.5	10.0	7.5	6.0	6.5	9.0	7.5	11.5	4.0	8.0	7.5	7.0
u	-78.0	-55.0	-77.5	-38.5	-92.0	-61.0	-55.5	-35.0	-62.5	-192.0	-67.0	-65.5	-77.5	-78.0	-81.5	-78.5	-53.0	-78.5
v	41.5	31.0	41.0	19.5	49.0	30.0	31.5	22.5	35.0	91.0	36.5	37.5	41.0	42.5	42.5	43.0	31.0	41.0
w	56.5	44.0	56.5	39.0	63.0	51.0	44.0	32.5	47.5	121.0	50.5	48.0	56.5	55.5	59.0	55.5	42.0	57.5

Grubenmann II. Gruppe. Tonersilikatgneise. Tafel 2.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
a	6.7	6.0	5.5	6.9	3.7	3.1	7.1	8.2	4.7	6.5	6.2	4.8	3.7	7.8	5.6	5.1	6.5	5.5
c	2.3	0.6	2.1	1.2	1.1	4.0	1.5	2.7	2.8	1.8	0.4	1.7	1.9	1.8	2.3	2.3	0.6	0.7
f	11.0	13.4	12.4	11.9	15.2	12.9	11.4	9.1	12.5	11.7	13.4	13.5	14.4	10.4	12.1	12.6	12.9	13.8
s	91.6	86.1	75.0	78.1	98.3	61.2	113.0	63.8	44.5	112.0	143.0	68.3	37.6	94.4	83.0	58.5	68.6	67.5
t	14.9	21.4	22.0	12.9	15.9	10.6	19.8	17.7	13.4	16.0	15.6	12.3	14.2	15.6	18.2	16.3	27.7	20.0
H	126.5	127.5	117.0	111.0	134.2	91.8	152.8	101.5	77.9	148.0	178.6	100.6	71.8	130.0	121.2	94.8	116.3	107.5

Abgerundete Projektionswerte.

a	6.5	6.0	5.5	7.0	3.5	3.0	7.0	8.5	4.5	6.5	6.0	5.0	3.5	7.5	5.5	5.0	6.5	5.5
c	2.5	0.5	2.0	1.0	1.0	4.0	1.5	2.5	3.0	2.0	0.5	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5	0.5	0.5
f	11.0	13.5	12.5	12.0	15.5	13.0	11.5	9.0	12.5	11.5	13.5	13.5	14.5	10.5	12.0	12.5	13.0	14.0
u	-49.5	-43.5	-36.0	-41.0	-53.5	-30.5	-62.0	-30.0	-18.5	-62.5	-83.5	-34.5	-13.5	-51.0	-42.5	-27.0	-30.0	-31.5
v	27.5	21.0	17.0	24.0	29.0	20.0	31.0	16.0	12.5	33.5	44.0	21.0	9.5	27.5	22.0	15.5	11.0	16.0
w	42.0	42.5	39.0	37.0	44.5	30.5	51.0	34.0	26.0	49.0	59.5	33.5	24.0	43.5	40.5	31.5	39.0	35.5

Grubenmann III. Gruppe. Kalknatronfeldspatgneise. Tafel 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
a	2.4	3.2	3.4	5.5	3.4	3.3	5.2	4.9	5.3	5.8	4.4	5.3	3.6	6.1	3.4	7.0	5.6	7.6
c	6.1	11.6	9.7	5.4	6.5	6.5	6.1	4.9	7.2	5.8	6.1	4.7	3.2	3.6	6.3	5.0	4.9	4.2
f	11.5	5.2	6.9	9.1	10.1	10.2	8.7	10.2	7.5	8.4	9.5	10.0	13.2	10.3	10.3	8.0	9.5	8.2
s	51.2	60.0	39.2	48.7	33.5	45.0	64.6	40.9	73.9	72.4	52.5	48.8	33.6	77.0	49.8	135.0	59.9	87.0
t	7.2	9.4	5.8	8.3	7.5	7.7	11.2	9.6	11.8	11.7	10.3	9.2	9.9	14.9	10.9	11.7	12.6	13.5
H	78.4	89.4	65.0	77.0	61.0	72.7	95.8	70.5	105.7	104.1	82.8	78.0	63.5	111.9	80.7	166.7	92.5	120.5

Abgerundete Projektionswerte.

a	2.5	3.0	3.5	5.5	3.5	3.5	5.0	5.0	5.5	6.0	4.5	5.5	3.5	6.0	3.5	7.0	5.5	7.5
c	6.0	11.5	9.5	5.5	6.5	6.5	6.0	5.0	7.0	6.0	6.0	4.5	3.0	3.5	6.5	5.0	5.0	4.0
f	11.5	5.5	7.0	9.0	10.0	10.0	9.0	10.0	7.5	8.0	9.5	10.0	13.5	10.5	10.0	8.0	9.5	8.5
u	-25.0	-30.0	-17.5	-23.0	-13.0	-20.5	-32.5	-17.5	-38.5	-37.5	-25.0	-23.0	-12.5	-39.5	-23.0	-79.5	-29.0	-46.5
v	19.0	20.5	16.0	17.5	12.5	16.5	20.5	14.0	23.5	23.0	17.5	17.0	11.5	22.5	16.0	44.0	18.0	26.5
w	26.0	29.5	21.5	25.5	20.5	24.0	32.0	23.5	35.0	34.5	27.5	26.0	21.0	37.0	27.0	55.5	31.0	40.0

Grubenmann IV. Gruppe. Eklignite und Amphibolite. Tafel 2.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
a	1.6	1.7	1.8	1.6	1.8	2.4	2.5	2.3	2.7	0.3	2.1	1.6	1.0	1.7	2.7	1.8	1.3	1.8
c	9.3	6.3	6.6	5.9	8.0	6.2	6.5	5.7	7.1	8.2	6.8	4.1	7.7	4.2	4.8	7.3	6.8	8.4
f	9.1	12.0	11.6	12.5	10.2	11.4	11.0	12.0	10.2	11.5	11.1	14.3	11.3	14.1	12.5	10.9	11.9	9.8
s	34.0	24.3	24.4	22.3	27.1	29.2	31.6	28.6	42.0	23.0	23.0	31.4	19.8	29.4	28.5	29.0	26.7	28.7
t	5.4	4.7	5.5	4.0	5.4	4.5	7.1	4.9	9.0	4.0	4.8	5.5	5.2	3.6	5.9	7.4	5.2	6.2
H	59.4	49.0	49.9	46.3	52.5	53.7	58.7	53.5	71.0	47.0	47.8	56.9	45.0	53.0	54.4	56.4	51.9	54.9

Abgerundete Projektionswerte.

a	1.5	1.5	2.0	1.5	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	0.5	2.0	1.5	1.0	1.5	2.5	2.0	1.5	2.0
c	9.5	6.5	6.5	6.0	8.0	6.0	6.5	5.5	7.0	8.0	7.0	4.0	7.5	4.5	5.0	7.0	6.5	8.5
f	9.0	12.0	11.5	12.5	10.0	11.5	11.0	12.0	10.5	11.5	11.0	14.5	11.5	14.0	12.5	11.0	12.0	9.5
u	-14.5	-8.0	-7.5	-7.0	-9.5	-11.5	-12.0	-11.0	-18.5	-7.5	-7.0	-12.5	-5.0	-11.5	-10.5	-10.5	-9.5	-10.5
v	14.5	11.5	11.0	11.5	12.0	13.5	12.5	13.0	14.5	11.5	11.0	13.5	10.0	14.0	12.5	11.5	12.0	12.0
w	20.0	16.5	16.5	15.5	17.5	18.0	19.5	18.0	24.0	16.0	16.0	19.0	15.0	17.5	18.0	19.0	17.5	18.5

Grubenmann V. Gruppe. Magnesiumsilikatschiefer. Tafel 3.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
a	—	—	—	0.7	—	0.3	—	—	—	—	0.4	—	—	—	—	0.5	—	—
c	0.3	1.0	0.1	0.8	4.2	4.5	4.9	4.1	5.1	0.9	—	1.4	—	0.9	0.7	0.6	—	0.5
f	19.7	19.0	19.9	18.5	15.8	15.2	15.1	15.9	14.9	19.1	19.6	18.6	20.0	19.1	19.3	18.9	20.0	19.5
s	11.5	12.7	10.6	23.3	16.4	20.3	22.4	19.2	20.6	24.2	16.6	13.3	9.0	13.2	23.1	20.1	13.7	11.6
t	0.2	0.6	0.1	3.5	1.4	0.5	0.2	0.5	0.3	2.4	9.0	2.8	0.9	1.1	0.1	1.0	0.5	0.5
H	31.7	33.3	30.7	46.8	37.8	40.8	42.6	39.7	40.9	46.6	45.6	36.1	29.9	34.3	43.2	41.1	34.2	32.1

Abgerundete Projektionswerte.

a	—	—	—	0.5	—	—	—	—	—	—	0.5	—	—	—	—	0.5	—	—
c	0.5	1.0	—	1.0	4.0	4.5	5.0	4.0	5.0	1.0	—	1.5	—	1.0	0.5	0.5	—	0.5
f	19.5	19.0	20.0	18.5	16.0	15.0	15.0	16.0	15.0	19.0	19.5	18.5	20.0	19.0	19.5	19.0	20.0	19.5
u	—1.0	—1.5	0.0	—7.5	—4.0	—6.5	—8.0	—6.0	—7.0	—8.5	—1.5	—1.5	1.0	—2.0	—8.5	—6.5	—2.5	—1.0
v	10.5	10.5	10.0	12.0	11.5	13.0	14.0	13.0	13.5	13.0	6.0	9.5	9.0	10.5	14.0	12.5	11.0	10.0
w	10.5	11.0	10.0	15.5	12.5	13.5	14.0	13.0	13.5	15.5	15.5	12.0	10.0	11.5	14.5	14.0	11.5	11.0

Grubenmann VI. Gruppe. Jadeitgesteine. Tafel 4.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	18.3	10.8	13.6	12.0	16.5	15.3	9.2	14.4	8.8	17.2	11.6	8.2
c	1.0	2.8	2.0	3.7	0.7	0.4	1.7	1.2	2.5	0.8	0.6	3.3
f	0.7	6.4 <sup>1)</sup>	4.4	4.3	2.8	4.3	9.1	4.4	8.7	2.0	7.8	8.5
s	79.7	50.4	65.5	58.3	76.5	99.2	61.6	163.5	90.6	103.3	68.4	61.2
t	20.8	10.6	15.0	12.5	15.9	14.1	8.4	14.5	9.8	16.6	9.7	10.4
H	120.5	81.0	100.5	90.8	112.4	133.3	90.0	198.0	120.4	139.9	98.1	91.6

Abgerundete Projektionswerte.

a	18.5	10.5	13.5	12.0	16.5	15.0	9.5	14.5	9.0	17.0	11.5	8.0
c	1.0	3.0	2.0	3.5	0.5	0.5	1.5	1.0	2.5	1.0	0.5	3.5
f	0.5	6.5	4.5	4.5	3.0	4.5	9.0	4.5	8.5	2.0	8.0	8.5
u	—39.5	—23.5	—32.0	—28.0	—39.0	—54.5	—31.5	—97.5	—50.5	—56.5	—35.5	—30.5
v	19.5	16.5	18.5	18.0	21.5	30.0	21.5	51.5	30.5	30.0	23.0	20.0
w	40.0	27.0	33.5	30.0	37.5	44.5	30.0	66.0	40.0	46.5	32.5	30.5

1) in der ersten Mitteilung (Sitzungsber. Marburg 1912) lies hier F = 7.9 statt 7.8.

Grubenmann VII. Gruppe. Chloromelanitgesteine. Tafel 4.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	7.6	4.1	3.9	2.8	5.3	5.6	4.4	5.5	4.6	fehlt	4.1	2.8
c	3.6	6.9	7.5	8.0	4.5	4.3	4.6	1.7	3.4		4.0	4.0
f	8.8	9.0	8.6	9.2	10.2	10.1	11.0	12.8	12.0		11.9	13.2
s	37.3	29.7	33.6	30.5	31.7	31.5	31.3	38.3	36.5		31.4	28.6
t	5.3	3.1	2.8	3.2	3.3	6.5	5.9	6.8	6.0		4.8	4.2
H	62.6	52.8	56.4	53.7	55.0	58.0	57.2	65.1	62.5		56.2	52.8

Abgerundete Projektionswerte.

a	7.5	4.0	4.0	3.0	5.5	5.5	4.5	5.5	4.5		4.0	3.0
c	3.5	7.0	7.5	8.0	4.5	4.5	4.5	1.5	3.5		4.0	4.0
f	9.0	9.0	8.5	9.0	10.0	10.0	11.0	13.0	12.0		12.0	13.0
u	—16.5	—12.0	—15.0	—12.5	—13.5	—12.0	—12.0	—16.5	—15.5		—12.5	—11.0
v	15.5	14.5	16.0	14.5	15.0	13.0	13.0	15.0	15.0		14.0	13.5
w	21.0	17.5	19.0	18.0	18.5	19.0	19.0	21.5	20.5		18.5	17.5

Grubenmann VIII. Gruppe. Quarzitgesteine. Tafel 5.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	9.3	7.6	9.1	2.5	8.75	9.2	8.4	1.9	2.7	7.4	4.1	—
c	1.1	2.6	2.7	0.6	2.50	4.2	—	—	8.5	2.3	1.6	0.6
f	9.6	9.8	8.2	16.9	8.75	6.6	11.6	18.1	8.8	10.3	14.3	19.4
s	186.6	203.5	269.5	157.0	590.0	218.0	167.4	618.0	87.4	534.0	176.0	164.0
t	11.0	15.1	14.0	17.3	15.6	25.0	12.6	7.0	3.8	18.9	8.5	10.1
H	217.6	238.6	303.5	194.3	625.6	263.0	200.0	645.0	111.2	572.9	204.5	194.1

Abgerundete Projektionswerte.

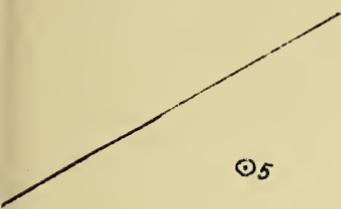
a	9.5	7.5	9.0	2.5	9.0	9.5	8.5	2.0	2.5	7.5	4.0	—
c	1.0	2.5	2.5	0.5	2.0	4.0	—	—	8.5	2.5	1.5	0.5
f	9.5	10.0	8.5	17.0	9.0	6.5	11.5	18.0	9.0	10.0	14.5	19.5
u	114.0	124.0	168.0	92.5	381.5	130.0	100.5	403.0	50.5	343.0	107.5	99.0
v	61.5	64.5	87.0	47.5	193.0	62.5	54.0	208.0	33.5	172.0	59.5	54.5
w	72.5	79.5	101.0	65.0	208.5	87.5	66.5	215.0	37.0	191.0	68.0	64.5

Grubenmann IX. Gruppe. Kalksilikatgesteine. Tafel 5.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	—	—	1.1	—	1.8	1.0	1.7	0.3	0.2	0.3	1.3	1.6
c	8.5	16.5	13.3	16.4	14.0	17.3	13.0	14.4	11.9	12.9	17.5	14.2
f	11.5	3.5	5.6	3.6	4.2	1.7	5.3	5.3	7.9	6.8	1.2	4.2
s	21.0	31.6	28.8	15.8	34.0	15.6	34.2	12.0	24.6	53.3	41.1	22.2
t	—	3.6	7.7	4.3	4.9	1.0	6.6	1.4	5.9	6.2	1.4	4.6
H	41.0	55.2	56.5	40.1	58.9	36.6	60.8	33.4	50.5	79.5	62.5	46.8

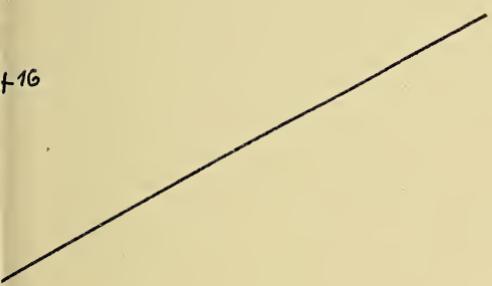
Abgerundete Projektionswerte.

a	—	—	1.0	—	2.0	1.0	1.5	0.5	—	0.5	1.5	1.5
c	8.5	16.5	13.5	16.5	14.0	17.5	13.0	14.5	12.0	13.0	17.5	14.5
f	11.5	3.5	5.5	3.5	4.0	1.5	5.5	5.0	8.0	6.5	1.0	4.0
u	—7.0	—13.0	—10.0	—2.5	—14.5	—3.5	—14.0	—1.0	—8.0	—27.0	—20.5	—6.5
v	13.5	14.5	11.0	9.0	15.0	11.0	13.5	10.0	11.0	20.5	19.5	11.0
w	13.5	18.5	19.0	13.5	19.5	12.5	20.5	11.0	17.0	26.5	21.0	15.5



⊙5

f16

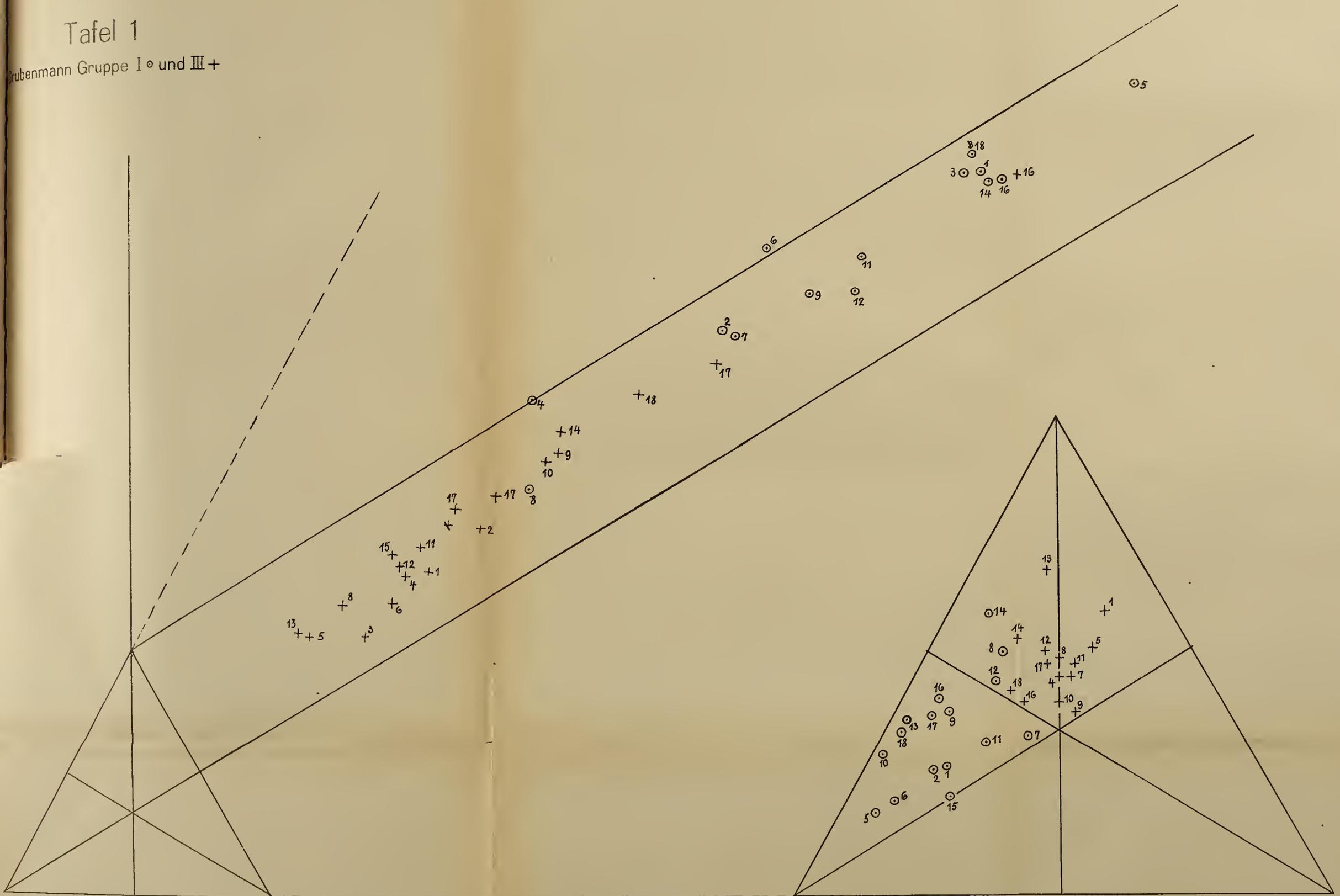


5

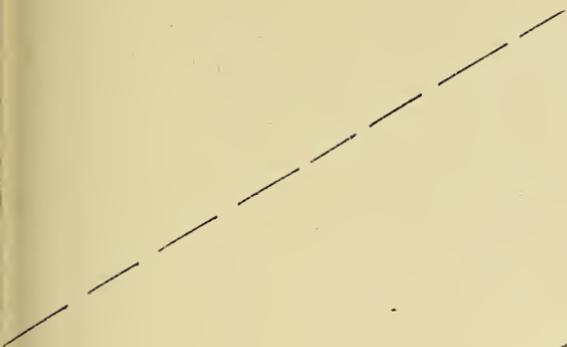


# Tafel 1

Grubenmann Gruppe I<sup>o</sup> und III<sup>+</sup>







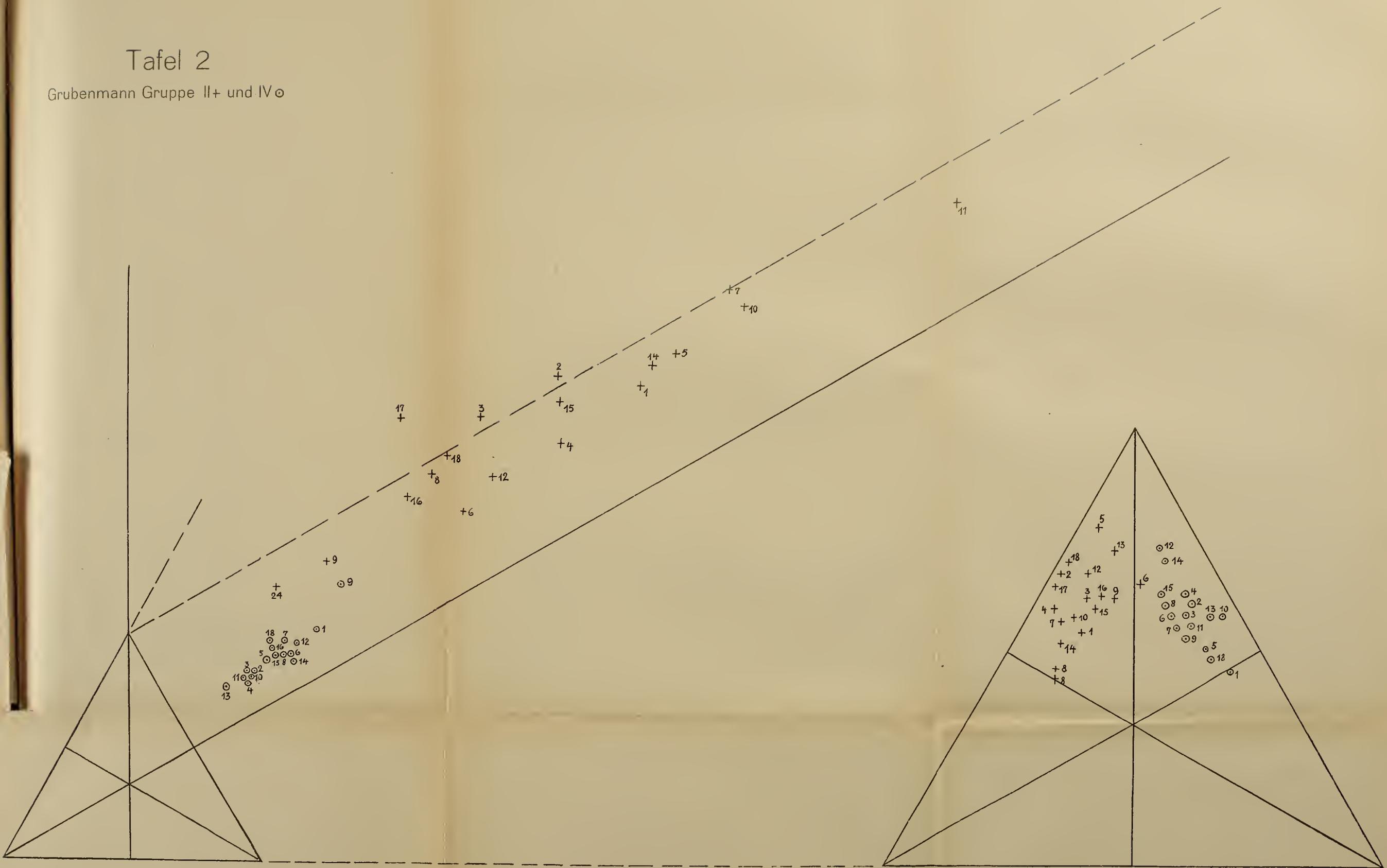
11



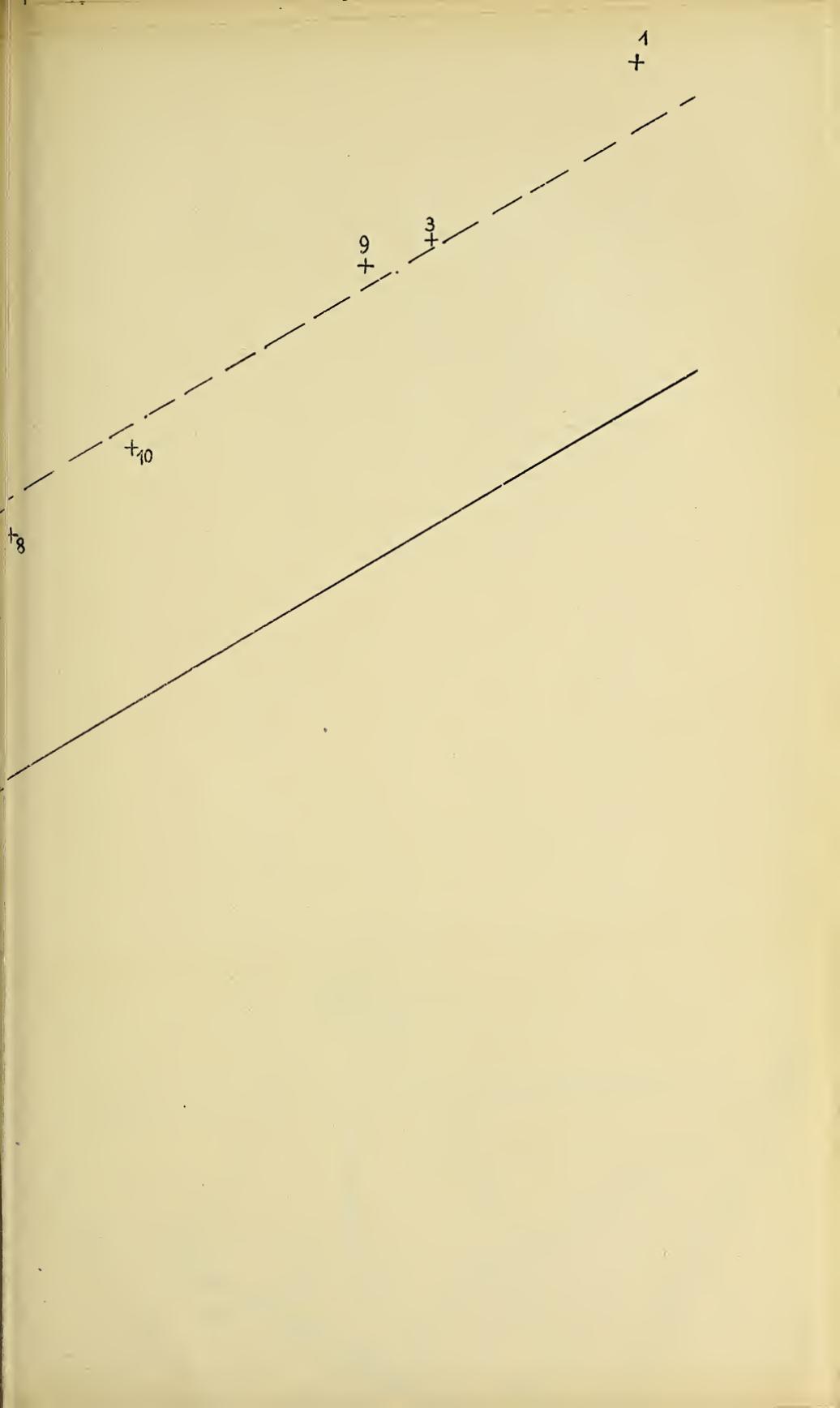


# Tafel 2

Grubenmann Gruppe II+ und IVo









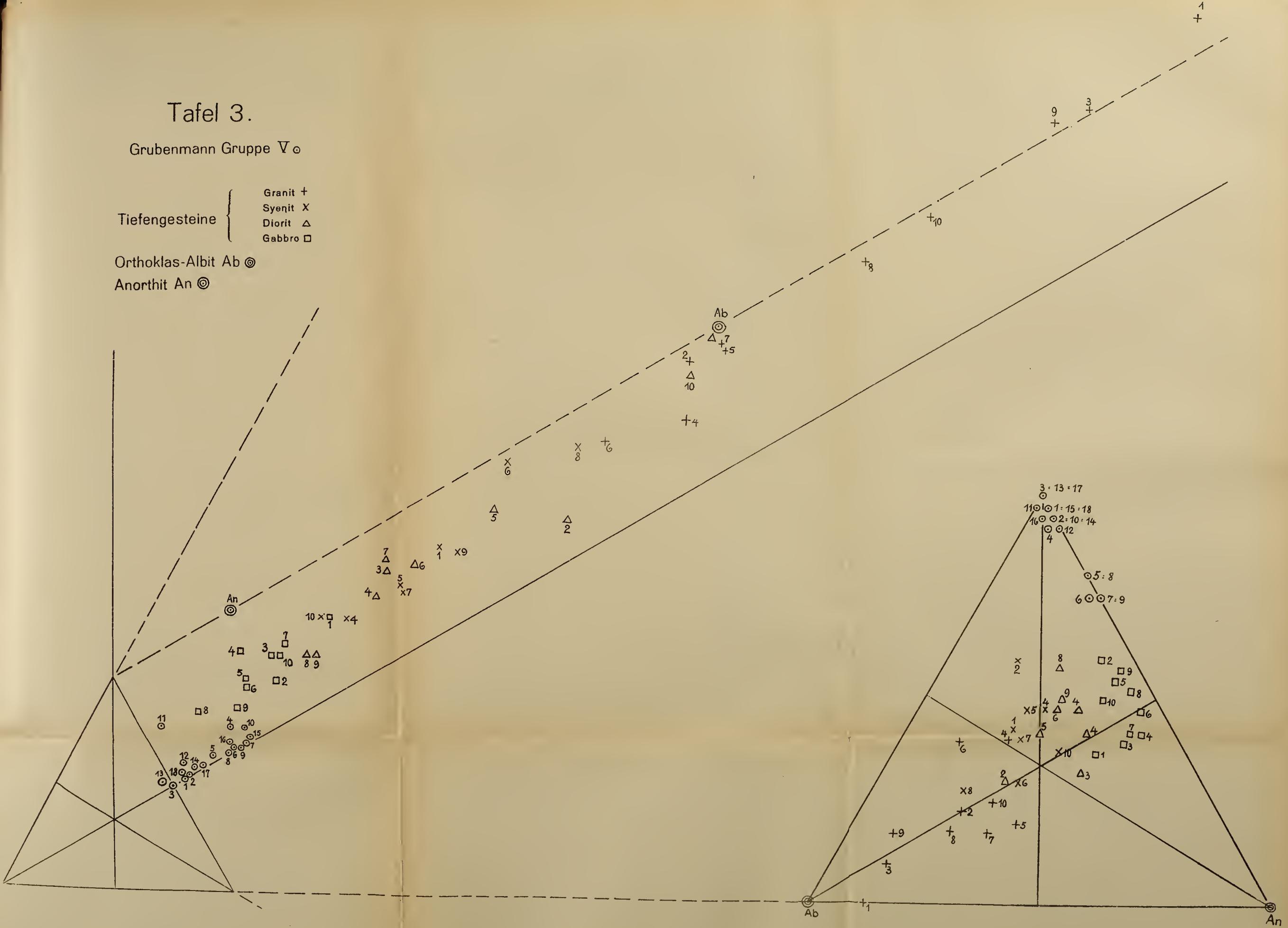
# Tafel 3.

Grubenmann Gruppe ∇ ⊙

Tiefengesteine {  
 Granit +  
 Syenit X  
 Diorit Δ  
 Gabbro □

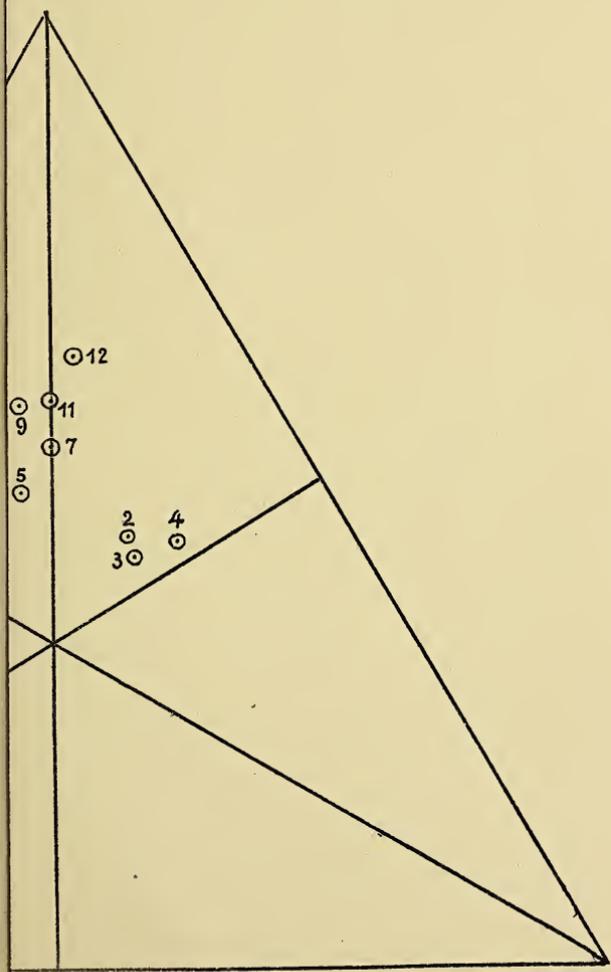
Orthoklas-Albit Ab ⊙

Anorthit An ⊙





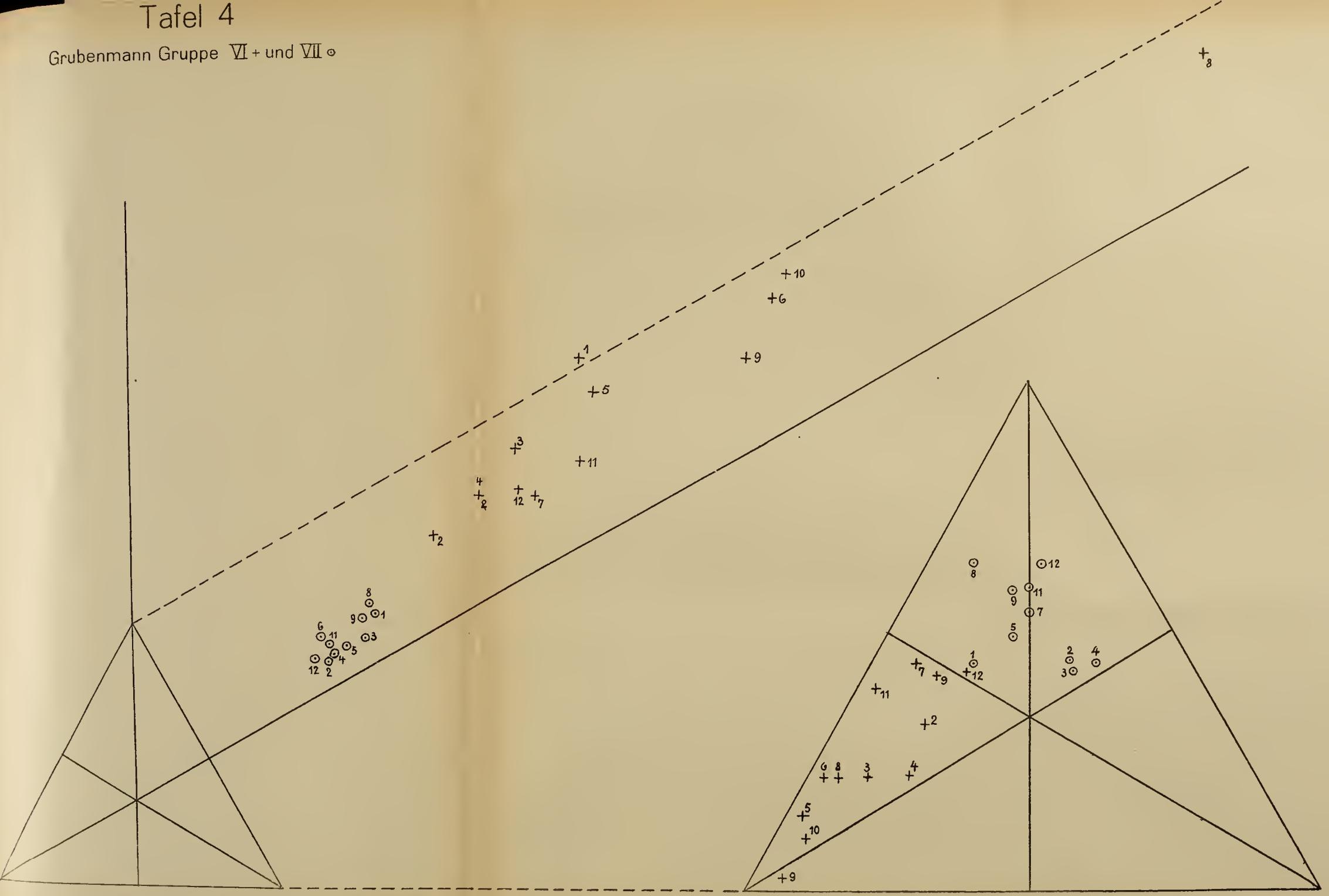
+<sub>3</sub>





# Tafel 4

Grubenmann Gruppe VI+ und VII ◉





s fallen noch +8  
weiter hinaus +5  
+10

11

+3

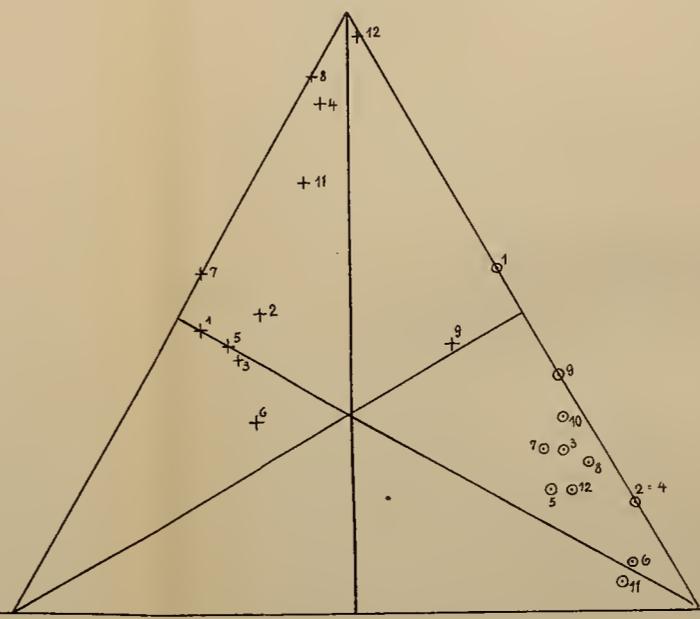
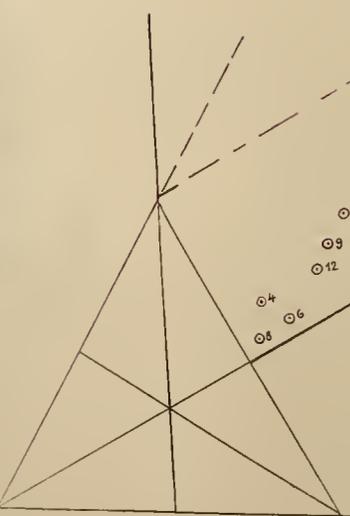
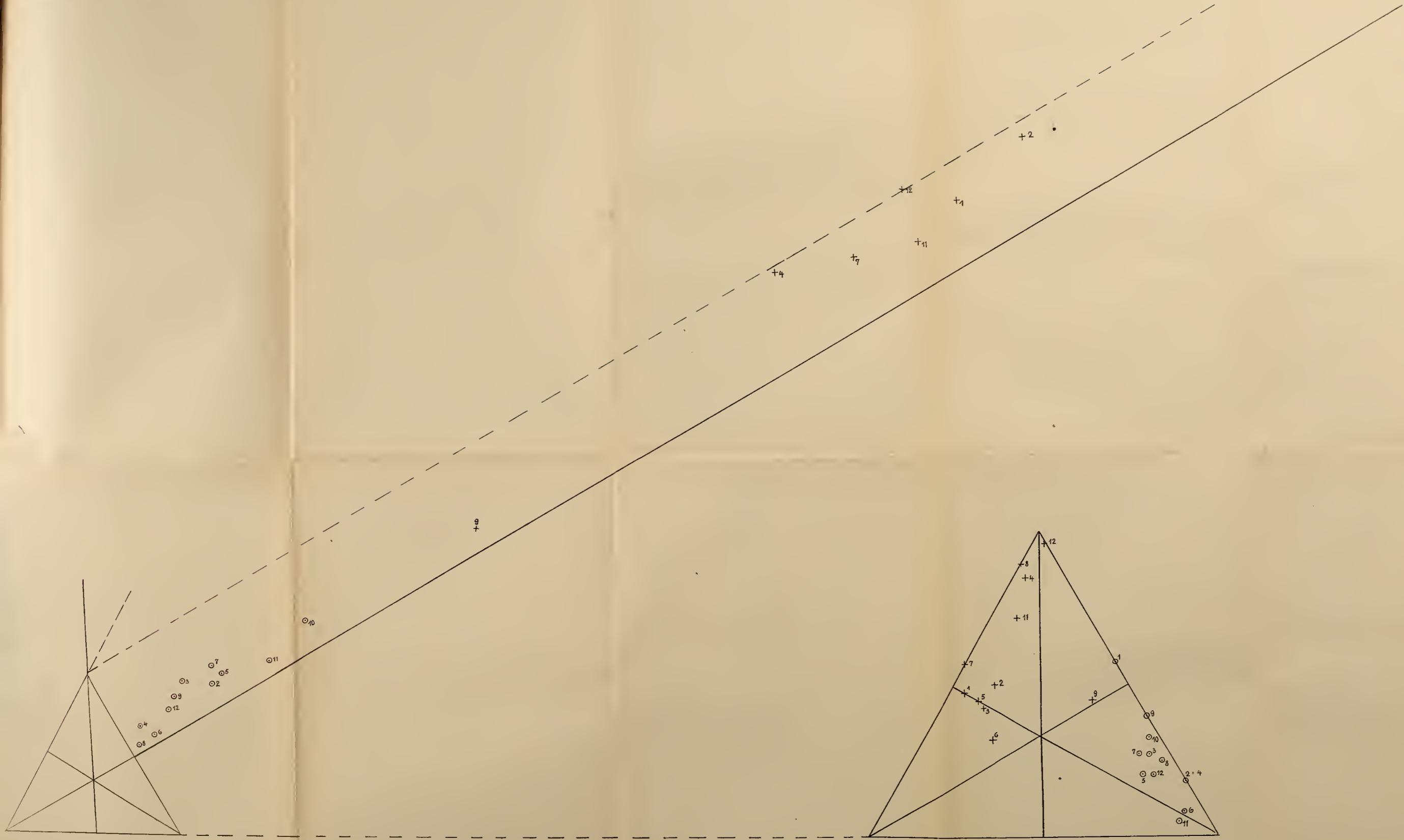




# Tafel 5

Grubenmann Gruppe VIII + und IX o

Es fallen noch  
weiter hinaus  
+8  
+5  
+10  
+3  
O 10 Tafel 1





Die Reihenfolge der Ecken  $a, c, f$  ist analog der gebräuchlichen Projektion nach Osann gewählt. Die Zuordnung von  $S, T$  und  $R$  geschieht dann am besten in gleicher Reihenfolge, so dass die Koordinaten  $u, v, w$  zu den entsprechenden Seiten gehören wie  $a, c, f$ . Das Verhältnis der Basen ist durch die Lage des Basenpunktes im Projektionsdreieck gegeben analog der Osann'schen Projektion durch die einzelnen Felder. Auch das Verhältnis von  $S$  zu  $T$  und von beiden zur Summe der Basen ist leicht zu übersehen. Für alle Mittelpunkte auf der zu  $a$  und  $u$  gehörenden Höhe ist  $T = 0$ , für alle Mittelpunkte auf der Parallelen zu dieser durch den dritten Eckpunkt ( $f$ ) ist  $T = h$  wie z. B. bei den Feldspaten. Durch Aufstellung der Gleichungen lässt sich auch hier eine rechnerische Behandlung vornehmen z. B. bei Mineralanalysen, die Verhältnisse sind hier z. T. noch übersichtlicher wie bei der Projektion mit  $H = 100$ . Es ist aber hier nicht der Ort, ohne ein praktisches Beispiel zu geben, näher darauf einzugehen.

---

Ausser den im Vorstehenden abgedruckten Vorträgen wurden in den verschiedenen Sitzungen noch folgende Vorträge gehalten:

In der Sitzung vom 15. Januar hielt Herr F. A. Schulze den Vortrag: **Die Elektronentheorie** (mit Demonstrationen).

In der gleichen Sitzung wurde Herr Prof. Dr. Blankenhorn zum ausserordentlichen Mitglied gewählt.

In der Sitzung vom 9. Juli sprach Herr Kutscher: **Üeber Mutterkornextrakt** (mit Experimenten).

Derselbe: **Zur Kenntnis des Mytilotoxins.**

In der Sitzung vom 30. Juli hielt Herr Kirchheim den Vortrag: **Untersuchungen zur Frage der Trypsinvergiftung.**

In der gleichen Sitzung wurden die Herrn Professoren Dr. Bielschowsky, Dr. Misch und Dr. Frey zu ausserordentlichen Mitgliedern der Gesellschaft gewählt.

In der Sitzung vom 17. Dezember hielt Herr Hürter den Vortrag: **Die Bedeutung der röntgenologischen Untersuchung des Digestionstraktus für die Klinik** (mit Demonstrationen). Herr Böttner als Gast: **Der momentane Stand der Ergebnisse der Abderhaldenschen Reaktion mit Demonstration der Versuchstechnik.**

---

**Aufgelegte Schriften:**

- Zeitschrift für wissenschaftliche Insektenbiologie. Band VII. Erste Folge Band XVI. Berlin-Schöneberg 1911.
- Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt. Nr. 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.
- Bulletin of The New-York Public Library Astor Lenox and Tilden Foundations Volume XV. — No. 7. New-York 1911.
- Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg 67. Jahrgang. Stuttgart 1911.
- Beilage zu den Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg. 67. Jahrg. 1911. Stuttgart 1911.
- Bulletin of the Museum of Comparative Zoology At Harvard College. Vol. LIV. Nr. 6. Cambridge 1911.
- De Zoologie et de Physiologie Maritimes de Concarneau Tome II. — Fasc. 1, 2, 3, 4, 5, 7. Concarneau 1911.
- John R. Swanton: Indian Tribes of the Lower Mississippi Valley and Adjacent Coast of The Golf of Mexico. Washington 1911.
- Jesse Walter Fewkes: Preliminary Report on A Visit To The Navaho National Monument Arizona. Washington 1911.
- Charles D. Walcott: Cambrian Geology and Paleontology. Volume 53, 56 und 57, No. 2, 4, 5, 22. Washington 1910, 1911.
- Dr. Wolfgang Ritter: Hodgkins Fund The Flyng Apparatus of the Blow-Fly Volume 56, No. 12. Washington.
- Dr. Ales Hrdlička: Some Results of Recent Anthropological Exploration in Peru. Vol. 56, No. 16. Washington 1911.
- William H. Dall: Bibliography of The Scientific Writings of R. E. C. Stearns. Volume 56, No. 18. Washington 1911.
- C. C. Abbot: The Silver Disk Pyrheliometer. Volume 56, No. 19. Washington 1911.
- Edgar A. Mearns: Descriptions of Fifteen New Afrikan Birds. Vol. 56, No. 20. Washington 1911.
- Leonidas Chalmers Glenn: Denudation and Erosion in The Southern Appalachian Region and the Monongahela Basin. Washington 1911.
- George H. Girty: The Fauna of The Phospate Beds of The Park City Formation in Idaho, Wyoming, and Utah — Bulletin 436. Washington 1910.

- George H. Girty: The Fauna of The Moorefield Shale of Arkansas. Bulletin 439. Washington 1911.
- N. M. Fennemann: Geology and Mineral Resources of the St. Louis Quadrangle Missouri-Illinois. Bulletin 438. Washington 1911.
- R. B. Marshall, Chief Geographer: Results of Spirit Leveling in Alabama, Georgia, North Carolina, South Carolina and Tennessee 1896 to 1909. Bulletin 411. Washington 1910.
- Edson S. Bastin: Geology of The Pegmatites and Associated Rocks of Maine. Bulletin 445. Washington 1911.
- Adolf Knopf: Geology of the Berners Bay Region Alaska. Bulletin 446. Washington 1911.
- W. C. Phalen and Lawrence Martin: Mineral Resources of Johnstown, Pennsylvania and Vicinty. Bulletin 447. Washington 1911.
- R. B. Marshall: Results of Spirit Leveling in Minnesota 1897 to 1910. Bulletin 453. Washington 1911.
- C. W. Hayes: The State Geological Surveys of the United States. Bulletin 465. Washington 1911.
- Yearbook of the United States. Department of Agriculture. Washington 1911.
- Marius R. Campbell: Contributions to Economic Geology 1909 Part. II — Mineral Fuels. Bulletin 431. Washington 1911.
- Sidney Paige: Mineral Resources of the Llano-Burnet Region, Texas Bulletin 450. Washington 1911.
- C. H. Wegemann: The Lander and Salt Creek Oil Fields Wyoming. Bulletin 452. Washington 1911.
- R. B. Marshall, Chief Geographer: Results of Spirit Leveling in the State of Washington 1896 to 1910. Bulletin 457. Washington 1911.
- R. B. Marshall: Results of Spirit Leveling in Arkansas, Louisiana, and Mississippi 1896 to 1909. Bulletin 458. Washington 1911.
- R. B. Marshall: Results of Spirit Leveling in Missouri 1896 to 1909. Bulletin 459. Washington 1911.
-

