

# Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten  
Naturwissenschaften

zu

**Marburg**

---

**Jahrgang 1915**

---

Marburg

Univ.-Buchdruckerei Joh. Aug. Koch (Dr. C. Hitzeroth)

1916.



# Inhalt.

	Seite
Herr <i>A. Wegener</i> : Über die Mondflut der Atmosphäre . . . . .	1
„ <i>F. Richarz</i> : Die Schwäche senkrecht reflektierten Lichtes und damit zusammenhängende Erscheinungen, z. B. die Sichtbarkeit der Unterseeboote von Luftfahrzeugen aus . . . . .	1
Derselbe: Historische Bemerkungen . . . . .	10
Herr <i>E. Korschelt</i> : Bericht über die Ergebnisse einer von Dr. <i>Georg Schmidt</i> (gef. im Kriege) angestellten Untersuchung über das Blutgefäßsystem von <i>Helix pomatia</i> . . . . .	12
Derselbe: Das Auftreten kristallähnlicher Gebilde in den Nucleolen der Ganglienzellen des Nervensystems der Weinbergschnecke (nach Beobachtungen von <i>Helene Kunze</i> ) . . . . .	12
Derselbe: Bericht über die Ergebnisse der Arbeit von <i>E. Eichenaue</i> r (gef. im Kriege) über die Knospenentwicklung der <i>Donatien</i> . . . . .	15
Derselbe: Bericht über die Untersuchung von <i>C. Freitag</i> (gef. im Kriege) über die Niere von <i>Helix pomatia</i> . . . . .	15
Herr <i>F. A. Schulze</i> : Die Umkehrkurve des Joule-Thomson-Effektes für Luft . . . . .	16
„ <i>F. Richarz</i> : Bemerkung über seine Deutung der Ampère'schen Molekularströme als zirkulierender Helmholtz'scher Elementarquanten . . . . .	19
„ <i>W. Brand</i> : Reichweite des Geschützdonners nach Kriegsbeobachtungen . . . . .	25
Herr <i>A. Meyer</i> : Die in den Zellen vorkommenden Eiweißkörper sind stets ergastische Stoffe . . . . .	53
„ <i>F. A. Schulze</i> : Die Übereinstimmung der als „Reflexionstöne“ oder als „Pfaundler'sche Töne“ bezeichneten Klangerscheinungen mit der Helmholtz'schen Resonanztheorie des Hörens . . . . .	55
Derselbe: Über den Nachweis von Schwingungen oberhalb der Hörgrenze an dem Monochord zur Bestimmung der oberen Hörgrenze . . . . .	63
Herr <i>A. Thiel</i> : Das Wesen des neuen Brennstoffelements von <i>K. A. Hofmann</i> und <i>K. Ritter</i> . . . . .	68
„ <i>F. Richarz</i> : Kurze Bemerkung zur Verteidigung von Herrn <i>W. Schletts</i> Doktorarbeit über die spezifische Wärme einiger Metalle in verschiedenen Bearbeitungszuständen . . . . .	69
Wahlen . . . . .	14, 23



# Verzeichnis der Mitglieder \*)

(am Schluß des Jahres 1915).

## Ehrenmitglieder.

<i>Retzius, Gustav</i> , Prof. emerit. der Anatomie, Stockholm. . .	18.	1.	99.
<i>Marchand, Felix</i> , Dr. med., o. Prof. d. path. Anat., Geh. Med.-Rat, Leipzig . . . . .	9.	12.	00.
<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>v. Auwers, Karl</i> , Dr. phil., ord. Prof. der Chemie, Geh. Reg.-Rat . . . . .	17.	12.	13.
<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, Exz. . . . .	15.	5.	95.
<i>Bielschowsky, Alfred</i> , Dr. med., ord. Prof. d. Augenheilk.	6.	3.	14.
	(30.	7.	13)
<i>Bonhoff, Heinrich</i> , Dr. med., ord. Prof. der Hygiene . . .	9.	3.	04.
	(8.	11.	99)
<i>Feussner, Wilhelm</i> , Dr. phil., o. Hon.-Prof. d. theor. Physik	14.	7.	81.
	(10.	6.	69)
<i>Fries, Carl</i> , Dr. phil. a. o. Prof. der Chemie . . . . .	10.	3.	15.
	(9.	3.	04).

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

## VI

<i>Gasser, Emil</i> , Dr. med., o. Prof. d. Anatomie, Geh. Med.-Rat	27. 1. 88. (16. 7. 74)
<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>Hildebrand, Heinrich</i> , o. Hon.-Prof. d. gerichtl. Medizin	12. 5. 15. (14. 12. 04)
<i>Jaensch, Erich</i> , Dr. Phil., o. Prof. der Philosophie	10. 3. 15. (11. 6. 13)
<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. chirurg. Klinik, Geh. Med.-Rat	9. 7. 13.
<i>Korschelt, Eugen</i> , Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Geh. Reg.-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. der inneren Medizin, Geh. Med.-Rat	28. 6. 11.
<i>Meyer, Arthur</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Botanik, Geh. Reg.-Rat	4. 11. 91.
<i>Müller, Eduard</i> , Dr. med., a. o. Prof., Direktor der med. Poliklinik	7. 5. 13. (9. 2. 10)
<i>Ostmann, Paul</i> , Dr. med., o. Hon.-Prof. der Otologie	13. 11. 95.
<i>Richard, Franz</i> , Dr. phil., o. Prof. der Physik	15. 5. 01.
<i>Schenck, Friedrich</i> , Dr. med., o. Prof. der Physiologie, Geg. Med.-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)

## VII

<i>Wegener, Alfred</i> , Dr. phil., Privatdozent der Meteorologie und Astronomie . . . . .	12. 5. 15. (28. 7. 09)
<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.

### . B. Außerordentliche.

<i>Berblinger, Walther</i> , Dr. med., Privatdozent . . . . .	9. 7. 13:
<i>Berlin, Ernst</i> , Dr. phil., Assistent am physiol. Institut . . . . .	28. 6. 11.
<i>Blanckenhorn</i> , Professor Dr., Landesgeologe . . . . .	15. 1. 13.
<i>Brand, Walther</i> , Dr. phil., Oberlehrer. . . . .	19. 2. 13.
<i>Cloos, Hans</i> , Dr. phil., Privatdozent der Geologie . . . . .	10. 3. 15.
<i>v. Dakwigk, Friedrich</i> , Dr. phil., Prof., Priv.-Dozent der reinen und angewandten 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., Privatdozent der Chemie . . . . .	4. 8. 10.
<i>Frey, Ernst</i> , Dr. med., Prof., Privatdozent . . . . .	30. 7. 13.
<i>Grüter, Wilhelm</i> , Dr. med., Priv.-Dozent, Assistent an der Augenklinik , . . . . .	28. 6. 11.
<i>Hagemann, Richard</i> , Dr. med., Privatdozent . . . . .	13. 5. 14.
<i>Harms, Wilhelm</i> , Dr. phil., Privatdozent der Zoologie . . . . .	7. 6. 10.
<i>Hohmeier, Friedrich</i> , Dr. med., Prof., Privatdozent, Ober- arzt der chirurg. Klinik . . . . .	24. 6. 14. 6. 3. 14.
<i>Hürter, Jakob</i> , Dr. med., Prof., Privatdozent . . . . .	17. 12. 13.
<i>Jahrmärker, Max</i> , Dr. med., Prof., Privatdozent, Direktor der Landesheilanstalt . . . . .	10. 2. 04.
<i>Kauffmann, Oskar</i> , Hauptmann d. L., Forschungsreisender	13. 12. 11.
<i>Keller, Oskar</i> , Dr. phil., Prof., Abteilungsvorsteher am pharm. Institut . . . . .	28. 6. 11.
<i>Kreckwitz</i> , Assistent an der medicin. Poliklinik . . . . .	24. 6. 14.
<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>Nordhausen, Max</i> , Dr. phil., a. o. Prof. der Botanik . . . . .	12. 5. 12.
<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.
<i>Rick</i> , Dr. med., Assistent an der Frauenklinik . . . . .	24. 6. 14.
<i>Rieländer, August</i> , Dr. med., Prof., Privat-Dozent der Gynäkologie . . . . .	13. 6. 06.

## VIII

<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., Prof., Priv.-Doz., Assistent am mineralog. Institut . . . . .	21. 6. 99.
<i>Siebert, Carl</i> , Dr. phil., Chemiker . . . . .	14. 5. 02.
<i>Strecker, Wilhelm</i> , Dr. phil., Prof., Privatdoz. d. Chemie	6. 3. 14.
<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>Wintzer, Paul</i> , Dr. med., prakt. Arzt . . . . .	13. 5. 14.

### 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>Andrée, Karl</i> , Dr. phil., a. o. Prof. d. Geologie, Königsberg	(4. 8. 10)
<i>Aschoff, Ludwig</i> , o. Prof. der patholog. Anatomie, Frei- burg i. Br. . . . .	17. 6. 03.
<i>Axenfeld, Theodor</i> , Dr. med., o. Prof. der Ophthalm., Frei- burg i. Br. . . . .	(15. 1. 96)
<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 natur- historischen Museums, Berlin . . . . .	17. 5. 99. (17. 6. 96)
<i>Brauer, Ludolf</i> , Dr. med., o. Prof., Direktor d. med. Klinik in Hamburg-Eppendorf . . . . .	(14. 12. 04)
<i>Braun, Ferdinand</i> , Dr. phil., o. Prof. der Physik, Straßburg	(8. 2. 78)

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

## IX

- Brauns, Reinhard*, Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Geh.  
Berg-Rat, Bonn . . . . . (27. 1. 88)
- Bruns, Oskar*, Dr. med., a. Prof. der inneren Medizin,  
Göttingen . . . . . (28. 6. 11)
- Buchholz, Adolf*, Dr. med., Prof., Oberarzt, Hamburg . . . . . 8. 12. 97.
- Busz, Carl*, Dr. phil. o. Prof. der Mineralogie, Münster . . . . . (19. 6. 95)
- Diels, Ludwig*, Dr. phil., Kustos am botanischen Museum  
Berlin-Dahlem, a. o. Prof. an der Universität . . . . . 28. 6. 11.  
(28. 7. 09)
- Dietrich, Theodor*, Dr. phil., Prof., Geh. Reg.-Rat, Hannover (15. 1. 96)
- Drevermann, Fritz*, Dr. phil., Prof., Frankfurt . . . . . (11. 2. 03)
- Enderlen, Eugen*, Dr. med., o. Prof. d. Chirurgie, Würzburg 12. 2. 97.
- Falk, Ferdinand August*, Dr. med., a. o. Prof. d. Pharm., Kiel 28. 4. 75.
- Fraenkel, Carl*, Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Halle . . . . . 4. 11. 91.
- Friedrich, Paul*, Dr. med., o. Prof. der Chirurgie, Geh.  
Med.-Rat, Königsberg . . . . . 12. 2. 08.
- Fuëter, Rudolf*, Dr. phil., o. Prof. d. Mathematik, Karlsruhe (3. 5. 07)
- Gadamer, Johannes*, Dr. phil., o. Prof. der pharmazeut.  
Chemie, Breslau . . . . . (9. 3. 98)
- Goebel, Carl*, Dr. phil., o. Prof. der Botanik, München . . . . . 27. 1. 88.
- Göppert, Ernst*, Dr. med., o. Prof. d. Anatomie, Frank-  
furt a. M. . . . . (4. 12. 12)
- Haselhoff, Emil*, Dr. phil., Prof., Direktor der landw. Ver-  
suchsstation, Cassel . . . . . (11. 2. 03)
- Häcker, Rudolf*, Dr. med., Prof., Oberarzt d. chirurg. Klinik,  
Essen . . . . . (7. 6. 10)
- Heffter, Arthur*, Dr. phil. et med., o. Prof. der Pharma-  
kologie, Berlin . . . . . 14. 11. 06.
- Heine, Leopold*, o. Prof. der Ophthalmologie, Kiel . . . . . (18. 1. 99)
- Hellinger, Ernst*, Dr. phil., a. o. Prof. der Mathematik,  
Frankfurt a. M. . . . . (12. 1. 10)
- Hermann, Theodor*, Dr. phil., Hanau . . . . . (2. 7. 68)
- Herrmann, F.*, Dr. phil., Geol. Landesanstalt, Berlin . . . . . 1. 3. 11.
- v. Hess, Carl*, Dr. med., o. Prof. d. Ophthalmol., München 11. 11. 96.
- Hess, Otto*, Dr. med., Prof., Oberarzt, Posen . . . . . (25. 6. 02)
- \**Heusler, Fritz*, Dr. phil., Hüttendirektor, Dillenburg . . . . . 8. 2. 05.
- Jung, Heinrich*, Dr. phil., o. Prof. der Mathematik, Kiel . . . . . (13. 12. 05)
- Kossel, Albrecht*, Dr. med., o. Prof. d. Physiol., Geh. Rat,  
Heidelberg . . . . . 15. 5. 95.
- Krauß, Wilhelm*, Dr. med., Prof. der Augenheilkunde an  
der medicin. Akademie, Düsseldorf . . . . . (10. 7. 07.)

X

<i>v. Krehl, Ludolf</i> , Dr. med., o. Prof. der inneren 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 Chirurg., Breslau	(8. 2. 05)
<i>Loewi, Otto</i> , Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Graz	(15. 5. 01)
<i>Lotz, Heinrich</i> , Dr. phil., Geologe, Berlin . . . . .	(13. 12. 99)
<i>Meisenheimer, Johannes</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Zool., Leipzig	5. 8. 03. (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> , Major a. D., Dr. phil., Allstedt, Großh. 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. physik. 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>Römer, Paul</i> , Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Greifswald	28. 6. 11. (10. 2. 04)
<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., a. o. Prof. der 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., o. Prof. d. phys. Chemie, Gießen	13. 12. 05. (11. 8. 97)

# XI

<i>Schenck, Rudolf</i> , Dr. phil., o. Prof. der physik. Chemie, Geh. Reg.-Rat, Breslau . . . . .	(11. 8. 97)
<i>Schmidt, Martin</i> , Dr. med., o. Professor d. path. Anatomie, Würzburg . . . . .	28. 6. 11.
<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>Schotky, Friedrich</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik, Geh. Reg.-Rat, Berlin . . . . .	15. 5. 95.
<i>Schröder, 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., Prof., Privatdozent der Physik, Frankfurt a. M. . . . .	(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>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)
<i>Ziegenbein, Hans</i> , Dr. phil., Vorst. d. Nahrungsm.-Amts, Stralsund . . . . .	(14. 5. 02)

**Durch den Tod hat die Gesellschaft im Jahre 1915 verloren:**

von den auswärtigen Mitgliedern:

<i>Debus, Heinrich</i> , Dr. phil., Prof., Cassel . . . . .	(16. 11. 59)
<i>Dohrn, Rudolf</i> , Dr. med., Geh. Med.-Rat, Dresden . . .	10. 2. 64.
<i>v. Drach, Alhard</i> , Dr. phil., Geh. Reg.-Rat, Cassel . . .	11. 7. 66.

## XII

<i>v. Könen, Adolf</i> , Dr. phil., Geh. Berg-Rat, Göttingen . . . . .	28.	4.	74.
	(10.	6.	69)
<i>Schmidt-Rimpler, Hermann</i> , Dr. med., Geh. Med.-R., Halle	15.	11.	71.
<i>Thumb, Albert</i> , Dr. phil., o. Prof., Straßburg . . . . .	(14.	2.	06)

Seinen Austritt erklärte Prof. *E. Neumann*.

### Der Vorstand.

*F. Richarz*, Vorsitzender. *Thiel*, ständiger Schriftführer.  
*A. Lohmann*, Kassenführer.

Kriegsvertreter des Schriftführers und des Kassenführers:  
*W. Feußner. F. A. Schulze.*

### Engerer Ausschuß.

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

# Sitzungsberichte

der

## Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

### MARBURG

---

---

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

**März**

**1915**

---

---

In der Sitzung vom 10. März 1915 hielt zunächst Herr A. Wegener folgenden Vortrag:

#### **Ueber die Mondflut der Atmosphäre.**

Sodann trug Herr F. Richarz vor über:

#### **Die Schwäche senkrecht reflektierten Lichtes und damit zusammenhängende Erscheinungen, z. B. die Sichtbarkeit der Unterseeboote von Luftfahrzeugen aus.**

Um den auf Wolken fallenden Schatten des eigenen Körpers, das „Brockengespenst“, oder den Schatten des Ballonkorbes, in dem man fährt, das „Ballongespenst“, herum bilden sich häufig Beugungsringe, Glorien. Selbstverständlich sind die Wolkenröpfchen die beugenden Elemente; wenn sie annähernd gleich gross, homogen nach Joh. Kiesslings Bezeichnung, sind, geben sie die beobachteten Ringe. Schwierigkeit macht aber bei der Erklärung das zu postulierende Intensitätsmaximum für Licht, das von einer Wolke in der Richtung des auffallenden Lichtes reflektiert wird, gleichgültig unter welchem Winkel das Licht auftritt, welches Intensitätsmaximum in der Tat auch dann beobachtet worden

ist, wenn die Tröpfchen nicht homogen waren, also keine Beugungsringe entstanden. Die Erklärung glaube ich in dem Zusammenwirken der Gesamtheit der Tröpfchen gefunden zu haben<sup>1)</sup>. Dagegen kann die Reflexion an einem Tröpfchen ein solches Maximum keineswegs ergeben.

Denn, wenn man eine kleine, spiegelnde Kugel, deren Durchmesser klein ist gegen die Entfernungen von ihr, gleichmässig mit parallelem Licht beleuchtet, so ist die Intensität des von ihrer Vorderfläche reflektierten Lichtes nach allen Richtungen hin dieselbe<sup>2)</sup>. Durch die Reflexion des in die Tröpfchen hineingebrochenen Lichtes an deren Rückseite wird zwar ein Maximum der Intensität des reflektierten Lichtes erzeugt, aber in anderer Richtung; denn dieses Maximum liefert den Regenbogen und seine Berechnung dessen primitive Theorie nach Cartesius. Die in der Richtung des Einfalls reflektierten Strahlen ergeben dagegen auch von der Rückwand her kein Maximum, wie z. B. irrtümlich der um die atmosphärische Optik sonst so hoch verdiente Joh. Kiessling annimmt<sup>3)</sup>; im Gegenteil: sie ergeben stärkste Divergenz, ein Minimum der Lichtmenge pro Raumwinkeleinheit<sup>4)</sup>.

Bei diesen Berechnungen war aber nicht berücksichtigt, dass die Intensität des reflektierten Lichtes abhängig ist vom Einfallswinkel und zwar nach den bekannten Fresnel'schen Formeln; es war von vornherein nicht ausgeschlossen, dass diese Abhängigkeit eine ganz andere Intensitätsverteilung in dem von einem einzelnen Tröpfchen zurückgeworfenen Lichte erkennen lassen würde. Denn die (nach Fresnels Bezeichnung) parallel der Einfallsebene schwingende Komponente

---

1) F. Richarz, *Marb. Sitz.-Ber.* 1912, Nr. 1 u. 5. *Meteorol. Ztschr.* 1912, Heft 6. *Deutsche Luftf.-Ztschr.* 1913, Nr. 1 u. 4. *Deutsche Rdschr. f. Geogr.* 1914. XXXVI. Jahrg. Heft 4.

2) F. Richarz, *Meteorol. Ztschr.* Januar 1908, S. 23.

3) Joh. Kiessling, *Ztschr. d. Deutschen Met. Ges.*, herausgeg. von W. Köppen, Berlin, bei Ascher, 1885, 2, S. 70 ff.

4) F. Richarz, *Meteorol. Ztschr.*, Januar 1908, S. 25.

des reflektierten Lichtes nimmt vom Einfallswinkel Null bis zum Polarisationswinkel ab, bei welchem sie verschwindet. Sie allein genommen würde also ein Intensitätsmaximum bei senkrechtem Einfall ergeben. Die andere Komponente aber nimmt vom Einfallswinkel Null an beständig zu, und es muss die Resultante der beiden ermittelt werden.

Es sei  $i$  der Einfallswinkel,  $\beta$  der Brechungswinkel. Die Intensität des einfallenden Lichtes werde gleich 1 gesetzt. Dann ist nach Fresnel, wenn wir geradlinig polarisiertes Licht mit Schwingungen parallel der Einfallsebene haben, die Intensität des reflektierten Lichtes:

$$J_p = \frac{\operatorname{tg}^2 (i - \beta)}{\operatorname{tg}^2 (i + \beta)}$$

und bei Lichtschwingungen senkrecht zur Einfallsebene

$$J_s = \frac{\sin^2 (i - \beta)}{\sin^2 (i + \beta)}$$

Dazu kommt das Snellius'sche Brechungsgesetz:  $\frac{\sin i}{\sin \beta} = n$

Bei senkrechtem Einfall ( $i = 0$ ) wird

$$J_p = J_s = \left( \frac{n-1}{n+1} \right)^2$$

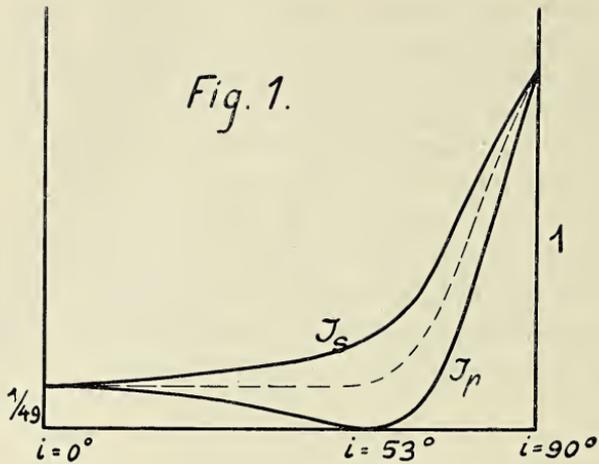
Für Wasser ist  $n = \frac{4}{3}$ ; also bei  $i = 0$

$$J_p = J_s = \frac{1}{49}$$

Der Polarisationswinkel bei Wasser, nach Brewsters Gesetz aus  $\operatorname{tg}(i) = \frac{4}{3}$  zu berechnen, beträgt etwas über  $53^\circ$ . Für diesen verschwindet  $J_p$ . Bei streifendem Einfall ( $i = 90^\circ$ ) werden

$$J_p = J_s = 1$$

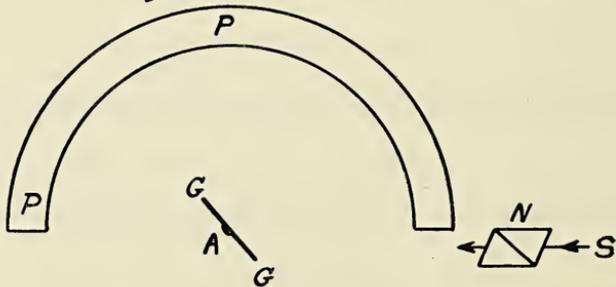
Es ergibt sich mithin für die beiden Fälle folgender Verlauf.



Von dem kleinen Werte  $1/49$  an nimmt  $J_p$  mit wachsendem Einfallswinkel langsam ab bis zum Werte Null bei  $i = 53^\circ$ , um dann zu wachsen bis Eins bei  $90^\circ$ . Gleichzeitig wächst  $J_s$  von demselben kleinen Anfangswerte an von vorneherein, ohne zuerst abzunehmen, beständig ebenfalls bis auf Eins bei  $90^\circ$ .

Dieser Verlauf ist in Fig. 1 durch die beiden ausgezogenen Kurven dargestellt.

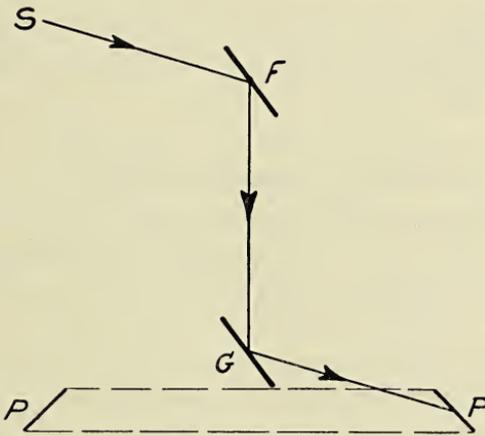
Fig. 2. (Aufriß.)



Der Vortragende demonstrierte diese grundlegenden Verhältnisse an folgendem Apparat (Fig. 2). Von einer Bogen-

lampe geht ein horizontales Strahlenbündel  $S$  aus und wird vermittle geeigneter Linsen durch ein Nicol'sches Prisma  $N$  geleitet. Das nunmehr polarisierte Lichtbündel fällt auf einen schwarzen Glasspiegel  $G$  von  $8 \times 8$  cm Grösse, so, dass Einfallsebene die durch den einfallenden Strahl gelegte Vertikalebene ist. Dabei ist aber der Spiegel drehbar um eine in ihm liegende horizontale Achse  $A$ , welche auf dem einfallenden Strahl senkrecht steht. Das reflektierte Lichtbündel fällt auf einen 25 cm breiten weissen Pappstreifen  $P$ , der oben ringsherum in etwa 37 cm Entfernung von der Spiegelachse angebracht ist, überall unter  $45^\circ$  gegen die auftreffenden Strahlen geneigt, also ein halbringförmiges Stück einer Kegelfläche bildend, deren geometrische Achse mit der Drehungsachse  $A$  des Spiegels zusammenfällt. Auf diesem weissen Papphalbring erscheint dann der Reflex gut sichtbar, wandert beim Drehen des Spiegels auf ihm herum und zeigt für die beiden Hauptstellungen des polarisierenden Nicols während der Spiegeldrehung die charakteristischen angegebenen Intensitätsänderungen.

Fig. 3. (Grundriss.)



Mit einem ähnlichen Apparat lassen sich auch die Grunderscheinungen der Polarisation bei Spiegelung einfach demon-

strieren, er ist durch Fig. 3, Grundriss, skizziert. Die Strahlen  $S$  fallen unter dem Polarisationswinkel auf den festen schwarzen Glasspiegel  $F$ , werden zu dem um  $FG$  als Achse drehbaren  $G$  reflektiert, und von diesem zu einem geneigten weissen Pappstreifen  $PP$ , entsprechend dem zuvor beschriebenen, der aber einen ganzen, nicht einen halben, Ring um die verlängerte Achse  $FG$  bildet. Damit hat man einen Nörremberg'schen Polarisationsapparat zur Demonstration für einen grösseren Hörsaal. Stellt man übrigens in dem Apparat Fig. 2 den Spiegel  $G$  auf den Polarisationswinkel ein und dreht das Nicol'sche Prisma  $N$ , so hat man ebenfalls die Demonstration eines Polarisationsapparates.

Schwingt weiter zunächst das einfallende Licht zwar geradlinig, aber weder parallel, noch senkrecht zur Einfallsebene, sondern unter dem Azimuth  $w$  gegen dieselbe, so zerlege ich es wieder in die beiden Komponenten jener Schwingungsrichtungen, denen dann die Intensitäten  $\cos^2 w$  bzw.  $\sin^2 w$  zukommen. Die Komponenten im reflektierten Licht haben dann die Intensitäten:

$$J_p \cdot \cos^2 w \text{ bzw. } J_s \cdot \sin^2 w$$

Die Amplituden setzen sich wie Vektoren zusammen; ihre Quadrate addieren sich einfach; die Intensität des resultierenden reflektierten Lichtes ist mithin:

$$J = J_p \cdot \cos^2 w + J_s \cdot \sin^2 w$$

Haben wir schliesslich natürliches Licht, so wechselt  $w$  zwischen allen möglichen Werten von 0 bis  $2\pi$ , es sind die Mittelwerte innerhalb dieser Grenzen zu nehmen, und die Intensität des reflektierten natürlichen Lichtes wird:

$$J_n = J_p \cdot \overline{\cos^2 w} + J_s \cdot \overline{\sin^2 w}$$

Bekanntlich ist  $\overline{\cos^2 w} = \overline{\sin^2 w} = \frac{1}{2}$ ; also:  $J_n = \frac{1}{2} (J_p + J_s)$  einfach das arithmetische Mittel von  $J_p$  und  $J_s$ . Deren Verlauf einzeln genommen hatten wir oben erkannt. Ihr Mittel beginnt bei  $i = 0$  abwechselnd mit dem sehr kleinen Werte

1/49.  $J_p$  nimmt zuerst ab,  $J_s$  zu. Für natürliches Licht finden wir also bei senkrechtem Einfall einen sehr breiten, niedrigen Wert, nahezu Konstanz bis zum Polarisationswinkel, dann erst starken Anstieg.

Dieser Verlauf ist in Figur 1 gestrichelt eingetragen. Zunächst ist also ersichtlich, dass an den Schlüssen über die Reflexion an der Vorderseite eines einzelnen Tröpfchens nichts wesentliches zu ändern ist. Dasselbe gilt aber auch für die Reflexion an der Rückseite. Der Verlauf der Intensitätskurven nach Fresnels Formeln bleibt bei ihr im wesentlichen derselbe wie für die Vorderseite. Nur muss  $n$  mit  $1/n$  vertauscht werden. Der Wert von  $J$  bei senkrechtem Einfall bleibt bei dieser Vertauschung ungeändert. Zwar erhält der Polarisationswinkel einen anderen Wert, nämlich  $90^\circ - 53^\circ = 37^\circ$ ; auch tritt vom Grenzwinkel der totalen Reflexion an diese ein; aber in der Nähe des senkrechten Einfalls bleibt alles im wesentlichen ungeändert.

Die Reflexion an einem einzelnen Tröpfchen kann also auch mit Berücksichtigung der Abhängigkeit der Reflexionsintensität vom Einfallswinkel das zur Erklärung der Beugungsringe um Brocken- oder Ballonögespenst zu postulierende und auch beobachtete Intensitätsmaximum für die Mitte der Erscheinung nicht erklären. Es bleibt also nur meine früher gegebene Erklärung.

Dagegen erklärt sich aus der hergeleiteten Abhängigkeit der Reflexion vom Einfallswinkel, die selbstverständlich nicht für metallische Reflexion gilt, eine Reihe anderer bekannter Erscheinungen nämlich folgende:

Wenn man auf einen Spiegel, dessen Rückseite mit Amalgam belegt ist, senkrecht oder nur wenig geneigt aufblickt, so erblickt man neben dem kräftigen am Amalgam gespiegelten Bilde (am besten demjenigen einer punktförmigen Lichtquelle) das an der vorderen Glasfläche gespiegelte nur schwach. Letzteres wird bei geneigtem Auftreffen kräftiger; daneben werden dann auch noch die durch mehrfachen Hin-

und Hergang im Inneren der Glasplatte reflektierten Bilder sichtbar, aber schwächer, jedoch auch diese um so kräftiger, je geneigter die Spiegelung stattfindet.

Wenn man einen Fluss oder eine andere Wasserfläche von einer nicht ungewöhnlich schroff ansteigenden Höhe betrachtet, erscheinen sie glänzend, weil die horizontalen Entfernungen meist weit bedeutender sind als die vertikalen Erhebungen. Denn infolgedessen gelangt ins Auge Himmelslicht, welches unter starker Neigung, also mit verhältnismässig grosser Intensität an den Wasserflächen zurückgeworfen wird. Dagegen von einem Luftfahrzeug aus blickt man auf die Wasserfläche, wenn sie nicht weit entfernt ist, steil hinunter; ins Auge gelangt nahe senkrecht reflektiertes Himmelslicht, also nur solches von recht schwacher Intensität. Infolgedessen sehen vom Luftfahrzeug aus die Wasserflächen, auf die man hinabblickt, dunkel aus; ein Fluss durchfliesst als schwarzes, nicht als silberglänzendes Band die Landschaft, was dieser einen ganz veränderten Eindruck verleiht.

Endlich ist hierin auch die vornehmlichste Ursache begründet dafür, dass Unterseeboote von Luftfahrzeugen aus besser erspäht werden können, als von einem Schiffe aus. Von letzterem aus gesehen erglänzt die Meeresoberfläche in reflektiertem Himmelslicht von recht schrägem Einfall; dieser Glanz der Oberfläche erschwert die Sichtbarkeit im Innern befindlicher Gegenstände bis zur Unkenntlichkeit, wozu noch die starke Verkürzung ihrer vertikalen Dimensionen durch die Brechung beim Austritte aus der Wasserfläche hinzutritt. Vom Luftfahrzeug aus gesehen fällt die Ueberblendung durch den Reflex an der Oberfläche weg und das Unterseeboot kann leichter erblickt werden.

Nach Mitteilung von Herrn Kollegen A. Gürber kann man vom Ballon aus die im Innern eines Flusses befindlichen Gegenstände erkennen, während man sie auch beim senkrechten Durchblicken durch den Wasserspiegel aus der Nähe, z. B. von einem Kahn aus, zu erkennen nicht imstande ist.

Hier muss also noch eine andere Ursache zur Erklärung herangezogen werden. Ich glaube diese in der Unruhe des Wasserspiegels erkennen zu sollen, welche kleine unregelmässige Abweichungen von seiner Horizontalität zur Folge hat. Von einem Punkte im Innern des Wassers kann im allgemeinen ein Strahlenkegel ins Auge gelangen, der — abgesehen von der Brechung an der Wasseroberfläche und an der Hornhaut des Auges — den Punkt des Objektes zur Spitze und die Pupille des Auges zur Basis hat. Wenn die Oberfläche vollkommen eben und horizontal ist, wird der Verlauf der Strahlen nur sehr wenig durch die Brechung beim Austritt aus dem Wasser verändert werden. Dies tritt aber ein, sobald die Oberfläche unregelmässig von der Ebenheit abweicht. Je näher sich das Auge der Wasserfläche befindet, um so grösser ist der Kreis, in welchem der ins Auge gelangende Strahlenkegel die Oberfläche durchsetzt, um so stärkere Störungen im regelmässigen Strahlenverlauf werden die Kräuselungen der Wasserfläche hervorrufen, sodass die von einem Punkte im Wasser ausgehenden Strahlen vom Auge nicht mehr in einem Punkte der Netzhaut vereinigt werden. Bei grossem Augenabstand dagegen treffen die von einem Punkte innerhalb des Wassers nach der Pupille hingehenden Strahlen die Oberfläche fast nur in einem Punkte, jedenfalls in einem so ungemein kleinen Kreise, dass innerhalb desselben die Wasserfläche trotz Kräuselung als eben angesehen werden kann, mithin nur eine ganz unbedeutende Störung des regelmässigen Verlaufes der Strahlen statt hat und der Punkt scharf gesehen wird. In dieser Weise lässt sich wohl die interessante Beobachtung von Herrn A. Gürber erklären.

In kürzerer Weise sind die vorstehenden Auseinandersetzungen mitgeteilt in der Festschrift zu R. Assmanns 70. Geburtstage, Sonderheft von „Das Wetter“, Berlin, Otto Salle, 1915.

---

Weiterhin machte Herr F. Richarz folgende **historische Bemerkungen** zu seinem Beitrage für die „Kultur der Gegenwart“, Band Physik, herausgegeben von E. Warburg. In Bezug auf die Vorgeschichte der Entdeckung des Elektromagnetismus durch den Kopenhagener Physiker Oerstedt hatte ich mich leider einem vielverbreiteten Irrtume angeschlossen, der gerade in der Zeit, in welcher ich selbst Vorlesungen hörte, in solchen vorgetragen wurde, und dann auch in viele Lehrbücher überging, und auf den Herr Felix Klein mich freundlichst aufmerksam gemacht hat. Es war nämlich in einer Schrift, der ich nicht die unverdiente Ehre erweisen möchte, sie nochmals zu zitieren, zu Unrecht behauptet worden, Schweigger habe bereits 1808 die Erscheinungen des Elektromagnetismus gefunden. Herr Felix Klein hat kurz darauf diesen Irrtum aufgedeckt (Pogg. Ann. 157, p. 647—648, 1876), was bedauerlicherweise manchem, so auch mir entgangen war. Was ferner die Behauptung betrifft, dass Oerstedt ursprünglich angenommen habe, die magnetische Ablenkung trete nur dann ein, wenn der stromdurchflossene Draht durch den Strom galvanisch glühend geworden sei, so ist dies zu beschränken wie folgt. In seiner ersten Abhandlung vom 21. Juli 1820 erkennt Oerstedt einen „elektrischen Strom“ überhaupt noch nicht. In dem „verbindenden Drahte“ eines „galvanischen Apparates“ findet für ihn ein „Kampf der Kräfte“, der „elektrische Konflikt“ statt. Er sagt, er habe „bewiesen, dass die Wärme und das Licht der elektrische Konflikt sind“. „Der elektrische Konflikt vermag auch auf die magnetischen Teile der Materie zu wirken.“ Dies weist Oerstedt unzweifelhaft nach, und zwar mit Hilfe eines sehr kräftigen „galvanischen Apparates“, fügt aber hinzu, „doch können auch kleinere Apparate gebraucht werden, wenn sie nur einen Draht zum Glühen zu bringen vermögen“. Dass für Oerstedt aber doch andererseits nur (wie oben erwähnt) „die Wärme“ und nicht geradezu das Glühen „der elektrische Konflikt ist“, geht

daraus hervor, dass er sogar bei Unterbrechung durch Wasser nicht alle magnetische Wirkung ausbleiben sieht. Den Begriff des Stromes erkannte einige Monate später Ampère, der Oerstedts Entdeckung weiter verfolgte. (Siehe Ostwalds Klassiker, Nr. 63, herausgeg. v. A. v. Oettingen, Leipzig bei Engelmann).

Nach allgemeiner Ansicht soll Daniell das erste konstante galvanische Element konstruiert haben (1836). In seiner Besprechung des „Briefwechsels zwischen Goethe und Johann Wolfgang Döbereiner“, herausg. v. J. Schiff, Weimar 1914, in der Deutschen Literaturzeitung, 1915, p. 278, macht aber Herr W. Fabricius darauf aufmerksam, dass diese Priorität Döbereiner zukommt. In der Tat beschreibt dieser in Gilberts Annalen, Bd. 68 [Ann. d. Phys. u. physik. Chemie, Bd. 8], 1821, p. 84—86, eine „stöchiometrische galvanische Kette“, welche folgendermassen zusammengestellt ist. Zink ist umgeben von Salmiaklösung; in sie hinein taucht ein weites Glasrohr, unten mit tierischer Blase zugebunden; es enthält einen Platindraht und verdünnte Säure, aber auch Metallsalzlösungen, z. B. Kupferlösungen. Er beschreibt dann, wie sich bei der Tätigkeit der Kette der Platindraht sogleich mit Kupfer bedeckt und die Kupferabscheidung mit grosser Stetigkeit solange weiter geht, als noch Kupfer in der Lösung vorhanden ist.

---

Prof. Korschelt berichtet kurz über die Ergebnisse einer von Dr. Georg Schmidt angestellten Untersuchung über das Blutgefässsystem von *Helix pomatia* und legt die sehr sorgfältig ausgeführten Tafeln dieser Arbeit vor, deren Verfasser leider zu den bei den schweren Kämpfen unseres Jägerbataillons in Flandern Gefallenen gehört.

Prof. Korschelt spricht sodann über:

### **Das Auftreten kristallähnlicher Gebilde in den Nucleolen der Ganglienzellen des Nervensystems der Weinbergsschnecke**

nach Beobachtungen von Helene Kunze.

Der Vortragende bespricht zunächst das Vorkommen von Kristallen in tierischen Zellen und besonders in deren Kernen, sodann das Auftreten kristallähnlicher Bildungen in den Nucleolen, zumal im Hinblick auf die Bedeutung der letzteren für den Zellkern und seinen Stoffwechsel. Die in den Nucleolen der Ganglienzellen von *Helix* auftretenden stark lichtbrechenden Gebilde finden sich nach den Wahrnehmungen von Frl. Kunze bis zu 20 in einem Kern, besonders häufig in dem Visceralganglion; neben Kernen von Zellen, welche die „Kristalloide“ enthalten, liegen solche, in denen sie fehlen. Von einer Beeinflussung der Erscheinung durch das Ersticken der Schnecken in Wasser, woran Legendre dachte, kann schon deshalb nicht die Rede sein, weil die Ganglien aus nicht auf diese Weise getöteten Schnecken herauspräpariert wurden. Die Grösse der Kristalloide ist in den einzelnen Nucleolen recht verschieden und auch grössere Nucleolen können fast ganz von ihnen erfüllt sein. Die stark lichtbrechenden, nur wenig färbbaren Gebilde lassen Flächen und Kanten erkennen, welche sie entschieden kristallähnlich erscheinen lassen. Ob es sich wirklich um Kristalle

handelt, lässt der Vortragende vorläufig dahingestellt, bis noch genauere Untersuchungen vorliegen; doppelbrechend sind sie nach den freundlicher Weise von Herrn Dr. Schwantke damit vorgenommenen Untersuchungen nicht. — Um die Kristallnatur der in Rede stehenden Gebilde, welche durch mikroskopische Demonstration erläutert werden, dreht sich die auf den Vortrag folgende Diskussion, an der sich die Herren Schwantke, Guerber, Richarz und Korschelt beteiligen. Weitere Mitteilungen über den Gegenstand wird Frl. Kunze später machen und dabei auch auf die in Frage kommende Literatur eingehen, was wegen der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit hier nicht geschehen konnte.

---

In der Geschäftssitzung erklärte Herr F. Richarz sich zwar grundsätzlich bereit, die Wahl zum Vorsitzenden anzunehmen, die in der ordentlichen Sitzung vom 3. Februar 1915 erfolgte, nachdem der bisherige Vorsitzende, Herr E. Neumann, seine Stelle niedergelegt hatte. Herr F. Richarz nimmt die Wahl nur unter der Bedingung an, dass er in der Geschäftsleitung, namentlich zur Vertretung des Schriftführers und des Kassensführers, die beide im Felde stehen, Unterstützung durch die Herren W. Feussner und F. A. Schulze finde; diese wird von beiden Herren zugesagt; die Anwesenden erklären sich mit dieser Regelung einverstanden.

In der Wahlsitzung wurden die bisherigen ausserordentlichen Mitglieder Herr Prof. Dr. E. Jaensch und Herr Prof. Dr. C. Fries zu ordentlichen Mitgliedern, Herr Dr. Cloos zum ausserordentlichen Mitglied gewählt.

---

# Sitzungsberichte

der

## Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

### MARBURG

---

---

*Nr.* 2

Mai

1915

---

---

In der Sitzung vom 12. Mai berichtete Herr E. Korschelt über die Arbeiten zweier bei den Kämpfen in Frankreich gefallenen Studierenden.

Dr. E. Eichenauer bearbeitete die **Knospenentwicklung der Donatien** besonders im Hinblick auf die feineren Strukturverhältnisse, welche wegen der schwer zu entfernenden Kieselnadeln dieser Schwämme nicht leicht festzustellen sind. Unter Vorlegen der vom Verfasser gezeichneten Abbildungen wird zunächst die äussere Bildung der Knospen geschildert und dann genauer auf die Zellenarten eingegangen, welche die Knospe aufbauen, ebenso auf die Ausscheidung der Nadeln und deren Verteilung in der Knospe. Genauere Mitteilungen werden in der im Zool. Anzeiger veröffentlichten Abhandlung des Verfassers gemacht.

C. Freitag hat in sehr eingehender und sorgfältiger Weise die Morphologie, Histologie und Physiologie der **Niere von Helix pomatia** bearbeitet und diese Untersuchung vor seinem Auszug ins Feld völlig abgeschlossen. Ebenfalls unter Bezug auf die vom Verf. gelieferten höchst instruktiven Abbildungen werden die Ergebnisse der Arbeit dargelegt, doch soll hier auf die in der Zeitschr. f. wiss. Zool. zu veröffentlichende Abhandlung verwiesen werden.

Der Vortragende widmete den beiden (Ende Oktober bei Le Quesnoy und Ende Dezember bei Perthes) gefallenen tüchtigen jungen Forschern, die uns und der Wissenschaft zu früh entrissen wurden, warme Worte der Anerkennung.

---

Weiter hielt Herr F. A. Schulze den Vortrag:

### Die Umkehrkurve des Joule-Thomson-Effektes für Luft.

Vor einigen Jahren habe ich in diesen Sitzungsberichten <sup>1)</sup> gezeigt, dass die Messungen des Verhältnisses  $z = \frac{c_p}{c_v}$  der spezifischen Wärmen von Luft, die P. P. Koch <sup>2)</sup> bei 0° C. und —79° C. bis zu Drucken von 200 Atmosphären an gestellt hat, bei 0° vollständig, bei —79° hingegen nur bis zu etwa 100 Atmosphären Druck mit denjenigen Werten übereinstimmen, die man unter Benutzung der van der Waals'schen Zustandsgleichung  $(p + \frac{a}{v^2})(v - b) = R\theta$  nach der

Formel  $z = 1 + \frac{2}{3} \left[ 1 - \frac{2a(v-b)^2}{R\theta v^3} \right]$  erhält.

Wie ich inzwischen gefunden habe, liegt dieser Unterschied zwischen Erfahrung und Theorie daran, dass die van der Waals'sche Zustandsgleichung für Luft bei —79° C. nicht mehr richtig ist. Es ist nicht möglich, den von P. P. Koch in sehr sorgfältigen Messungen ermittelten Zusammen-

---

1) F. A. Schulze, Marburger Sitzungsber. 1908, S. 186—194.

2) P. P. Koch, Annalen der Physik, 26. 551 und 27. 311. 1908.

hang von Druck und Volumen bei  $0^{\circ}$  und  $-79^{\circ}$  bis zu 200 Atmosphären Druck durch die van der Waals'sche Zustandsgleichung wiederzugeben. Es gelingt dies jedoch, wenn man, wie an anderer Stelle mitgeteilt, im Anschluss an Clausius, die Konstante  $a$  von der Temperatur abhängig macht. Es zeigt sich, dass die Gleichung  $\left(p + \frac{a}{g^n v^2}\right)(v - b) = R\vartheta$  mit den Zahlenwerten  $a = 0,01278$ ,  $b = 0,001360$ ,  $n = 0,3480$ ,  $R = \frac{1,000540}{273}$  die Koch'schen Messungen in ihrem ganzen Druckbereich vorzüglich wiedergeben.

Bei Benutzung dieser Zustandsgleichung ergibt sich, wie anderweit gezeigt, vollständige Uebereinstimmung zwischen den von P. P. Koch gefundenen Werten des Verhältnisses der spezifischen Wärmen und den berechneten Werten.

Eine weitere Prüfung der angegebenen Zustandsgleichung für Luft habe ich an Hand der von F. Noell<sup>1)</sup> angestellten Messungen des Joule-Thomson-Effektes für Luft für Drucke bis zu 150 Atmosphären zwischen  $-55^{\circ}$  und  $+250^{\circ}$  C. vorgenommen, und zwar speziell bezüglich der sogenannten „Umkehrkurve“ des Kühleffektes, welche zu einem gegebenen Druck diejenige Temperatur angibt, bei der der Kühleffekt Null ist. Nach der Thermodynamik ist der Joule-Thomson-

Effekt gegeben durch die Formel  $\Delta\vartheta = \frac{\vartheta \left(\frac{\partial v}{\partial \vartheta}\right)_p - v}{c_p} \cdot \Delta p$ ;

die Umkehrkurve, für die  $\Delta\vartheta = 0$ , ergibt sich also aus der Gleichung:  $\vartheta \left(\frac{\partial v}{\partial \vartheta}\right)_p = v$ . F. Noell hat bereits selbst die von ihm gefundene Umkehrkurve mit der aus der van der Waals'schen Zustandsgleichung zu berechnenden verglichen. Es fand sich leidliche Uebereinstimmung bei tieferen Temperaturen, jedoch bedeutende Abweichung bei hohen Tempe-

1) F. Noell, Doktor-Ingenieur-Dissertation, München 1914.

raturen. Insbesondere findet sich der sog. Inversionspunkt, d. h. diejenige Temperatur, bei welcher der Joule-Thomson-Kühleffekt für geringe Drucke Null ist, um bei noch höheren Temperaturen in eine Erwärmung überzugehen, nach der van der Waals'schen Zustandsgleichung bei etwa  $+670^{\circ}$  C., während eine Extrapolation aus den Versuchsergebnissen von F. Noell zu der viel tieferen Temperatur von etwa  $+340^{\circ}$  C. führt.

Demgegenüber schliesst sich die aus der hier angegebenen Zustandsgleichung berechnete Umkehrkurve des Joule-Thomson-Effektes in ihrem ganzen Verlauf wesentlich besser der von Noell empirisch gefundenen Umkehrkurve an. Insbesondere ist die Uebereinstimmung bei höheren Temperaturen sehr gut. Für den Inversionspunkt, für den die van der Waals'sche Zustandsgleichung, wie gesagt, eine viel zu hohe Temperatur ergibt, berechnet sich  $345^{\circ}$  C. in vorzüglicher Uebereinstimmung mit der Temperatur, ca.  $340^{\circ}$  C., welche die graphische Extrapolation aus den Versuchen von Noell, sowie auch die Berechnung mit Hilfe der Interpolationsformel ergibt, durch die Noell das Ergebnis seiner Messungen darstellt.

Ausführlichere Mitteilungen sollen an anderer Stelle erfolgen.

Die gute Uebereinstimmung zwischen Erfahrung und Rechnung ist ein weiterer Beweis für die Brauchbarkeit der angegebenen Zustandsgleichung für Luft.

---

Zum Schlusse machte Herr F. Richarz eine kurze Bemerkung

**über seine Deutung der Ampère'schen Molekularströme als zirkulierender Helmholtz'scher Elementarquanten.**

Dass die Ampère'schen Molekularströme als gewöhnliche Leitungsströme aufgefasst die schwierige Annahme einer widerstandslosen Bahn verlangen, ist schon lange erkannt worden, z. B. von meinem Züricher Freunde und Altersgenossen Paul Culmann (Inaug.-Diss. Berlin 1884, Seite 48, Nr. 1, Satz 2). Diese Schwierigkeit wird vermieden durch die von mir zuerst gemachte Annahme, dass die Molekularströme zirkulierende Helmholtz'sche Elementarquanten sind. [Sitzungsber. d. Niederrhein. Ges. (47, 113, 1890); 4. Dez. 1893; Münchn. Sitzungsber. 24, 3, 1894; Wied. Ann. 52, 410, 1894; Nat. Rdsch. 9, 276, 1894.]

Die Bahnebenen der zirkulierenden Elektronen besitzen im unmagnetischen Zustande im Sinne der Wilhelm Weber'schen Theorie alle möglichen Richtungen. Beim Hineinbringen in ein magnetisches Feld werden die Bahnebenen unter Ueberwindung quasielastischer intraatomaler Kräfte mehr oder weniger gerichtet. Ich habe damals schon auf Grund dieser Annahme berechnet, dass bei Parallelrichtung sämtlicher Bahnebenen für die magnetische Sättigung sich Werte

der maximalen Magnetisierung berechnen lassen, die mit denjenigen, welche erfahrungsgemäss bei Eisen, Kobalt und Nickel gefunden werden, der Grössenordnung nach übereinstimmen.

Meine Urheberschaft ist damals mehrfach ausdrücklich anerkannt worden, so von dem ersten Kenner auf dem Gebiete des Magnetismus H. du Bois im Vorwort zu seiner Schrift: *Magnetische Kreise, deren Theorie und Anwendung*, Berlin-München, Springer-Oldenburg, 1894, Seite IV. Trotzdem und obwohl ich inzwischen mehrfach meine Grundannahme weiter ausgeführt habe, wird diese neuerdings verschiedentlich irriger Weise anderen zugeschrieben.

Die unter meiner Leitung im Marburger Physikalischen Institut ausgeführten Untersuchungen der Heusler'schen magnetischen Legierungen gaben mir Anlass, auf meine Annahme zurückzukommen. Insbesondere habe ich in meinen durch diese Arbeiten veranlassten und daselbst veröffentlichten Bemerkungen auf folgendes hingewiesen. Man könnte gegen die Deutung der Ampère'schen Molekularströme als zirkulierende Elektronen einwenden, dass diese andauernd Energie durch Strahlung abgeben müssen. Wenn man aber annimmt, dass in derselben Bahn mehrere Elektronen kreisend einander folgen, ist diese ausgestrahlte Energie verschwindend klein.

Noch kürzlich habe ich meine Anschauungen zusammengefasst in dem Bericht über Magnetismus von Legierungen, den ich zufolge Aufforderung des Komitees verfasste für den internationalen Kongress für Radiologie und Elektrizität zu Brüssel, September 1910, wiederabgedruckt *Physik. Ztsch.* **12**, 151, 1911. Dort führte ich unter anderem folgendes aus:

Bei meiner oben erwähnten Berechnung der Sättigungswerte der Magnetisierbarkeit, wie ich sie bereits im Jahre 1893 ausgeführt habe, war nicht berücksichtigt die Wärmebewegung, welche notwendigerweise und wie auch bereits seit langem angenommen, der Richtung der Molekularmagnete entgegenwirkt. Bei der freien Beweglichkeit der Molekeln,

wie sie für die Wärmebewegung in Gasen und Flüssigkeiten anzunehmen ist, wird bei ein und derselben äusseren magnetischen Feldstärke dadurch allerdings der Wert der bei ihr erreichten Magnetisierung um eine Grössenordnung herabgesetzt. Bei derjenigen Vorstellung dagegen, die wir uns von der Wärmebewegung in festen Körpern machen müssen, ist diese Herabsetzung eine geringere; denn die Wärmebewegung in festen Körpern hat man sich vorzustellen als unregelmässige Oszillationen um eine Lage stabilen Gleichgewichtes. Dabei wird man sich zu denken haben, dass im allgemeinen vor allem die Molekel als Ganzes mit ihrem Schwerpunkt diese oszillatorische Bewegung ausführt. Durch diese Bewegung allein genommen würde überhaupt noch keine Beeinträchtigung der Richtung der Molekularmagnete hervorgerufen werden. Vielmehr würde sogar andererseits bei Kristallstruktur bereits die durch die Molekularkräfte hervorgerufene gegenseitige Orientierung der Molekeln auch eine Parallelrichtung der Molekularmagnete hervorbringen. Dazu kommt aber allerdings noch eine andere Bewegung der einzelnen Molekeln, die in einer oszillatorischen Rotation um Achsen bestehen kann, die durch den Schwerpunkt der Molekel hindurchgehen. Diese letztere Art der Wärmebewegung würde in der Tat einen desorientierenden Einfluss auf die Richtung der Molekularmagnete ausüben. Dieser Einfluss wird indessen nur gering sein, und die Werte der Magnetisierbarkeit, welche ohne ihre Berücksichtigung berechnet werden, können durch diesen Einfluss nur unerheblich herabgesetzt werden.

Mit diesen meinen Ueberlegungen berührt sich mehrfach die Doktorarbeit von Herrn Wilhelm Budde: Die Suszeptibilität paramagnetischer Körper bei tiefen Temperaturen und die Quantentheorie, Marburg 1914; insbesondere Seite 7, Anm. 1. Diese Untersuchung war vor derjenigen von E. Oosterhuis (Physik. Ztsch. Nr. 18, 15. Sept. 1913) ausgeführt, aber wegen ihrer Einreichung als Inauguraldissertation erst später

veröffentlicht. Dies vermindert den Wert der Budde'schen Arbeit keineswegs, da sie einen wesentlich anderen Weg einschlägt und auch das gewonnene Resultat sich von dem Oosterhuis'schen stark unterscheidet (Seite 10 der Budde'schen Dissertation). Und zwar ergibt die von W. Budde abgeleitete Formel (Seite 41 d. Diss., Gl. 48) weit bessere Uebereinstimmung mit den Beobachtungen, als diejenige von Oosterhuis (Tab. IV und Bem. unten bei Herrn W. Budde, Seite 44). Bei der Anwendung auf wasserfreies Mangansulfat wird die mittlere prozentuale Abweichung „beobachtet minus berechnet“ nach Oosterhuis' Gleichung  $\pm 2,37$ , nach W. Buddes  $\pm 1,21$ . Diese Prüfungen würden sich übrigens auch besonders eignen zur Anwendung des Verdachtsmasses auf systematische Fehler (F. Richarz und E. Neumann, Marburger Universitätsprogramm 1909; weitere Ausführung der grundlegenden Betrachtungen und mathematischer Auszug, Ztsch. f. Physik. Chem. **86**, Heft 6, 1914, in der Dissert. von K. Seelis).

Jene schönen Resultate liefern den Beweis, dass Herr W. Budde sich auf dem richtigen Wege befindet. Er beabsichtigte unter Anderem weiter, meine auf voriger Seite wiederholten Ueberlegungen zu verfolgen, unterbrach dies aber bei Ausbruch des Krieges, um an ihm als Freiwilliger Teil zu nehmen.

---

Aus der Vorstandswahl ergab sich folgende Zusammensetzung des Vorstandes: Vorsitzender: Prof. Dr. F. Richarz; engerer Ausschuss: stellvertretender Vorsitzender Geh. Rat Korschelt, weiter Geh. Rat Schenck und Geh. Rat E. Schmidt.

Herr W. Feussner und Herr F. A. Schulze erklären sich bereit, die Geschäfte des im Felde stehenden Schriftführers Herrn Thiel und des ebenfalls im Felde stehenden Kassenführers Herrn Lohmann zu führen.

Ferner wurden in der Wahlsitzung die bisherigen ausserordentlichen Mitglieder Herr Prof. Dr. Hildebrand und Dr. A. Wegener zu ordentlichen Mitgliedern, Herr Prof. Dr. Nordhausen zum ausserordentlichen Mitglied gewählt.

---



# Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der  
gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

---

---

Nr. 3

Juli

1915

---

---

In der Sitzung vom 14. Juli begrüsst zunächst der Vorsitzende Herr Dr. Nippold von der magnetischen Abteilung des Meteorologischen Instituts zu Potsdam, der augenblicklich mit Neubestimmung der erdmagnetischen Elemente des Hauptbeobachtungspunktes am Sellhof beschäftigt ist.

Sodann hielt Herr W. Brand den Vortrag:

## Reichweite des Geschützdonners nach Kriegsbeobachtungen.

Bei vulkanischen Ausbrüchen und heftigen Explosionen sind wiederholt Beobachtungen über eine eigentümliche Ausbreitung des Schalles gemacht worden <sup>1)</sup>. Untersuchungen von v. d. Borne über die Selbstentzündung von Sprengstoffen bei Förde in Westfalen 1903, zu Annen im Harz 1906, von de Quervain über eine Dynamitexplosion an der Jungfrau-bahn 1908, von Dörr über eine Entflammung von Pulver

---

1) Eine bisher übersehene Beobachtung findet sich in der Met. Ztschr. 1891, S. 240, in einer kleinen Mitteilung: Barographenzeichnung während der Explosion eines Pulverturmes. Die Explosion fand am 23. April 1891 in Rom statt und erzeugte in Rom und 22 km davon Schwankungen am Barographen. Die Schallwellen dieser Explosion waren noch in Ischia (177 km südöstlich) und in Pesaro und Forli (225 km nördlich) vernehmbar.

auf dem Steinfeld bei Wien 1912 und schliesslich von den Japanern Omori und Fujiwhara über Explosionsknalle bei vulkanischen Ausbrüchen haben ergeben: In einem nahezu kreisförmigen Gebiet, das die Schallquelle ungefähr als Mittelpunkt hat, ist der Schall normal hörbar, wobei seine Intensität mit der Entfernung abnimmt. Darüber hinaus wird zunächst nichts gehört, erst in grösserer Entfernung setzt die Hörbarkeit plötzlich wieder deutlich ein, um schliesslich ganz zu verschwinden. Es gibt also zwei verschiedene Gebiete der Hörbarkeit, ein inneres und ein äusseres, die durch eine breite Zone des Schweigens voneinander getrennt sind.

Es lag nun die Frage nahe, ob sich auch für die Ausbreitung und Reichweite des Geschützdonners aus Beobachtungen während des gegenwärtigen Krieges ähnliche Verhältnisse feststellen liessen. Ich habe daraufhin in verschiedenen Tageszeitungen und Zeitschriften nach etwaigen Angaben über gehörten Kanonendonner gesucht und eine Zusammenstellung solcher Beobachtungen schon im Februar d. J. in Form eines Aufsatzes in Reclams „Universum“, 31. Jahrg., Heft 24, veröffentlicht. Diese Zeitschrift wählte ich mit aus dem Grunde, um bei ihrem grossen Leserkreise den einen oder anderen zu gleichen Beobachtungen anzuregen, wenn ich das auch nicht ausdrücklich hervorhob. In der Tat bezeugte denn auch eine Reihe Zuschriften an mich, dass ein reges Interesse für die Frage vorhanden ist. Gewöhnlich gibt in diesen Briefen der Schreiber zunächst seiner Genugtuung Ausdruck, dass er nun doch seinen anfangs ungläubigen Mitbürgern gegenüber Recht behalten habe mit seiner Behauptung, Kanonendonner gehört zu haben, und teilt dann seine Beobachtungen und Ansichten mit. Dagegen war zu erwarten und fand sich auch bestätigt, dass der Aufsatz von den Fachleuten übersehen wurde.

Mittlerweile aber ist die Frage in Fluss gekommen; so sind z. B. in allen Feldwetterstationen die Beobachter angewiesen, auf die Erscheinung zu achten und über Zeit der

Beobachtung, Stärke und Richtung des Schalls usw. Notizen zu machen. Auch sollen die holländischen und schweizerischen Meteorologen eingehendere Untersuchungen über diesen Gegenstand beabsichtigen. Es ist also zu erwarten, dass das Material sehr reichhaltig werden wird, sodass eine gründliche Bearbeitung desselben unter Zuhilfenahme der Ergebnisse etwaiger Aufstiege von Pilotballonen und der Aufzeichnungen der Feldwetterstationen unsere Kenntnisse von den höheren Luftschichten nach Bewegung und Zusammensetzung sehr fördern würde. Es wäre das doch wenigstens ein kleiner positiver Kulturbeitrag des Krieges. Allerdings liesse sich dasselbe Ziel, vielleicht noch besser, auch im Frieden mit einigen nicht scharfen Kanonenschüssen oder Explosionen erreichen, wobei z. B. noch die genaue Zeit zwischen Abschuss und Ankunft des Schalls registriert werden könnte. Vielleicht lässt sich dieser Vorschlag verwirklichen.

Ich habe das Tatsachenmaterial, soweit es nicht von anderer Seite<sup>1)</sup> bereits zusammengestellt ist, im folgenden Verzeichnis gesammelt. Die Berichte fanden sich z. T. im Sprechsaal der „Umschau“; andere standen in der „Frankf. Ztg.“, der „Köln. Ztg.“, im „Tag“, im „Nieuwe Rotterdamsche Courant“; die übrigen sind persönliche schriftliche und mündliche Mitteilungen. Neben den Beobachtungsorten und den Beobachtern sind die runden Entfernungen von den Schallquellen angegeben, das Datum der Beobachtung, soweit es zu ermitteln war, und kurze Auszüge aus den Berichten.

Nach den Ausgangspunkten des Geschützdonners lassen sich die Berichte gruppieren in solche, die 1. von den Kämpfen vor Verdun stammen; 2. von den Kämpfen im Oberelsass; 3. von Seegefechten in der Nordsee Ende

---

1) van Everdingen: De hoorbaarheid in Nederland van het kanongebulder bij Antwerpen op 7.—9. October 1914. Hemel en Dampkring. — Meinardus: Die Hörweite des Kanonendonners bei der Beschiessung von Antwerpen. Met. Ztsch. 1915. Heft 5.

Januar; 4. von der Beschiessung von Antwerpen. Dazu kommen noch einige vereinzelt Mitteilungen.

Verzeichnis der Orte, an denen Kanonendonner gehört wurde.

(o. D. = ohne Datum; K. D. = Kanonendonner.)

I. Kämpfe um Verdun.

Ort und Beobachter	Datum	Entf.	Auszug aus den Berichten
1. Kreuznach, L. Görz-Mainz	1. Nov. 1914 u. folg.	200 km	„dumpfe Detonationen seit 1. Nov., die unbedingt von schwerem Geschütz herrühren müssen;“ im Laufe des Krieges schon einmal acht Tage lang „dies dumpfe Schiessen, was wahrscheinlich mit der Beschiessung von Namur zusammenhing“ (210 km); hierzu Datum nicht mehr angebbar.
2. Mayen (Eifel), Gustav Halm, Köln-Ehrenfeld	1. Nov. 1914 u. folg.	200 „	täglich dumpfer K. D. an einer eine halbe Stunde ausserhalb der Stadt jenseits eines Hügels gelegenen Stelle; Feststellung durch die in Mayen stationierten Offiziere.
3. Zülpich, Karl Kolter	o. D.	195 „	
4. Kaiserslautern, Kommerzienrat E. Cäsar	„	170 „	K. D. in der ganzen Umgebung hörbar, auch im Walde, ebenso deutlich bei Ostwind wie bei Windstille oder Westwind; „dass (bei Ostwind) Wolken anders zogen“, wurde nicht beobachtet. Sehr gut hörbar war der K. D. bei klarem Wetter; je dicker die Luft, um so schwächer der Schall; war die Luft sehr dick, so K. D. nur vereinzelt und nur mit Anstrengung wahrnehmbar. Regelmässiger Beobachtungsort ausserhalb der Stadt 50 m höher. Seitdem die Bäume belaubt sind, hört man das Schiessen nicht mehr, das man früher so stark und oft hörte.

Ort und Beobachter	Datum	Entf.	Auszug aus den Berichten
5. Drachenfels i. d. Pfalz, C. Witte-Ludwigshafen und M. Dauter-Mannheim	Ende Sept. 1914	190 km	die einzelnen Kanonenschläge deutlich hörbar; der Ludwigshafener Generalanzeiger berichtete über die Hörbarkeit in einem grossen Teil der Vorderpfalz.
6. Madenburg i. d. Pfalz, Dr. Frotscher-Weilmünster	8. Okt. 1914	190 „	
7. Annweiler, Trifels, Altleiningen, Maikammer (sämtl. i. d. Pfalz) M. Dauter-Mannheim	Ende Sept. 1914	etwa 180 km	Schläge sowohl auf Höhen wie in Tälern vernehmbar, an Stärke abweichend.
8. Saarbrücken, K. Deesz	1. Nov. 1914	115 „	dumpfe Detonationen auf den bewaldeten Höhen nordöstlich der Stadt, Wetter klar, Südwind. — Früher ähnliche Detonationen, wahrscheinlich von Namur (195 km) herrührend [Siehe auch 9.]
9. Oberstein, Jul. Svensson	Seit Sept. 1914	150 „	Schiessen hält Tag und Nacht an; „Donnern ist eigentlich nicht der richtige Ausdruck; denn das Rollen und Grollen vernahm ich nur für kurze Zeit. Anhaltend ist ein dumpfes Brüllen, mehr oder minder anschwellend oder verlaufend“. — Das Schiessen wird ähnlich in Wendel und Forbach, auch Neunkirchen gehört, aber nicht in Saarbrücken.
10. Oberstein, A. Jungbluth	1914/15	150 „	Hörbarkeit fast ohne Unterbrechung von Kriegsbeginn (ganz schwach) bis Mitte April, dem Eintritt der warmen Witterung. In den ersten Kriegstagen hoch oben im Walde

Ort und Beobachter	Datum	Entf.	Auszug aus den Berichten
11. Kirn a. d. Nahe, E. Petermann	Mitte Sept. b. Anf. Nov. 1914	170 km	<p>„Winterhauch“ ganz leise gehört; etwas deutlicher zuerst Mitte Sept. bei leichtem Ostwind, auf den Höhen schwächer als im Tale, am deutlichsten vor den hohen mit der Front nach Westen liegenden Felswänden; an einzelnen Punkten sind Schläge besonders stark, ohne erkennbaren Grund. Je näher es dem Winter ging, desto deutlicher wurde der Ton; im Nov. bis Dez. konnte man jeden Schlag zählen und hätte nach dem Gehör auf 20 km geschätzt. Höhepunkt Schlacht zwischen Maas und Mosel, wobei man „im geschlossenen Zimmer unangenehm an den Krieg erinnert wurde; eigentümlicherweise vernahm man den Ton im Ofen, bezw. aus dem Ofen. Seit Frühlingsanfang wenig zu hören, trotzdem von den gleichen Stellen stets Artilleriefuer gemeldet wurde; Mitte April „an den besten Stellen“ noch schwache Töne, 8 Tage später, als es richtig warm wurde und die Bäume sich belaubten, nichts mehr zu hören, ausser am 16. Mai auf einer Höhe in einer lichten Mulde, „einem guten Platz“, wo nochmals leiser Donner zu hören war. — Aus den gleichzeitigen Aufzeichnungen des Beobachters über Windrichtung, Zeit, Kriegsbericht sei nichts Erwähnenswertes herauszufinden.</p> <p>K. D. tagtäglich, auch bei Ostwind, von so schweren Schlägen durchsetzt, dass man die 42 cm-Mörser zu hören glaubte.</p>

Ort und Beobachter	Datum	Entf.	Auszug aus den Berichten
12. Soonwald oberh. Rheinböllen, H. Böchler- Barmen	31. Okt. b. 2. Nov. 1914	185 km	K. D. aus Richtung von Verdun, so schwach, das man beim Sprechen nichts hörte.
13. Bensheim a. der Bergstrasse, Dr. Gerhardt- Lüdenscheid	Ende März oder Anf. April 1915	225 „	In B. ist Anschauung allgemein, dass auf den Höhen der K. D. von Verdun zu hören sei. — Die Be- obachtung Ende März geschah am Südwestabhang des Hemsberg, 260 m ü. M., bei schönem Frühlingswetter, mässigstarkem Wind, Richtung genau Verdun—Bensheim. Erster Eindruck für die drei Beobachter ein schein- bar aus weiter Ferne kommender Schall, der sich in einer halben Stunde achtmal wiederholte. „Ar- tillerie-Uebungsplatz u. Sprengungen kommen nicht in Frage.“ Relative Stärke der Knalle verschieden, „was vielleicht auf Verschiedenartigkeit der Geschütze oder die augenblick- liche Windstärke zurückzuführen ist“. In B. selbst nichts gehört, desgl. auch später nicht mehr bei Spazier- gängen in geringerer Höhe.
14. Heidelberg, Apotheker O. Sautter		225 „	unentschieden, ob von Vogesen oder Verdun; bei nebligem Wetter Dröhnen besonders gut vernehmbar; man hörte auch das Feuern ver- schiedener Batterien hintereinander sehr stark. Seit Frühjahr hat der K. D. aufgehört.
15. Odenwald, M. Dauter- Mannheim	27. März 1915	ungef. 225 „	Heidelberg, Fürth, Rodenstein.

Ort und Beobachter	Datum	Entf.	Auszug aus den Berichten
16. Eberbach a. N., Apotheker Wittekindt	Anf. Nov. 1915	250 km	verschiedene Klangfarbe der einzelnen Detonationen, regnerisches Wetter; Beobachtungsort ein nach W. abfallender Bergabhang <sup>1)</sup> .
17. Eppingen(Bad.), Prof. Gutmann	o. D.	240 „	täglich K. D. gehört.
2. Die Kämpfe vor Belfort und im Oberelsass.			
1. Eigergletscher, Fr. Horand- Zürich (?)	25. Dez.	135 km	anhaltender K. D. aus nordwestlicher Richtung.
2. Frauenfeld (Thurgau), ders.	„	140 „	sogar in den belebten Strassen; überhaupt schon oft in dem ganzen Kanton Thurgau.
3. Zürich, ders.	„	120 „	auf den Höhen um Zürich; in Basel gleichzeitig nichts vernommen, dagegen in der Nähe auf den Höhen des Hauensteins.
4. Zürich (Köln. Ztg. vom 5. Jan.)	3. Jan.	120 „	dumpfes Grollen des im Elsass tobenden Geschützkampfes, aus dem sich in fast regelmässigen Zwischenräumen deutlich einzelne stärkere, offenbar von schweren Mörsern oder Haubitzen herrührende Schläge abhoben.
5. Bronschhofen (Kr. St. Gallen), A. Lenz	25. Dez.	150 „	dumpfes Donnern von Westen.
6. Degerloch	„	175 „	namentlich auf den Höhen.
7. Sigmaringen	„	160 „	
8. Tuttlingen	„	130 „	
9. Friedrichshafen Postinsp. Jänisch-Stuttg.	„	180 „	
10. Eppingen, Prof. Gutmann	o. D.	200 „	K. D. aus südwestlicher Richtung.

1) In einem späteren Schreiben meint der Beobachter, der K. D. könne auch von dem 115 km entfernten Schiessplatz Hagenau herrühren.

Ort und Beobachter	Datum	Entf.	Auszug aus den Berichten
11. Eberbach, Apotheker Wittekindt	10. u. 11. Aug.	220 km	Schlacht bei Mühlhausen; K. D. klar und deutlich auf den nach S. und W. abfallenden Hängen der Berge, z. B. am Katzenbuckel. Wetter sehr schön; westlich klar bei schwachem Wind aus südwestlicher Richtung.
12. Arlbergstrasse, R. Bayer- St. Anton am Arlberg	12. März	250 „	deutlich K. D. und einzelne starke Schläge; auch im Herbst an der Stelle, „wo Arlbergstr. nach N. umbiegt“, während des Winters nichts beobachtet.

### 3. Seegefechte in der Nordsee.

1. Franeker (Fries- land in Holland), Frankf. Ztg.	24. Jan. 1915	170 km	Richtung aus Ameland und Schie- mannikoog; Höhepunkt der Hörbar- keit zwischen 10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> und 11 Uhr.
2. Rotterdam	19. Jan. 1915	150— 200 km	heftiger K. D. aus Richtung Bor- kum.

### 4. Beschiessung von Antwerpen.

1. Malmedy, Dr. Lorentzen- Erkelenz	o. D.	135 km	
2. Zülpich, Karl Kolter	„	155 „	„selbst bei Gegenwind“.
3. Remscheid, Hugo Böchler- Barmen	„	190 „	auf den Höhen des bergischen Landes in der Nähe von Remscheid.
4. Wesel, Stadtbaum. Brög-Marburg	„	160 „	

### 5. Vereinzelte Beobachtungen.

1. Coblenz, A. Ratgeber	März 1915		wiederholt K. D. im Coblenzer Stadtwald, im Zeitraum von etwa 5 Min. aufeinander folgende dumpfe Kanonschläge; die Detonationen hatten verschiedene Tonarten, d. h.
----------------------------	--------------	--	---

Ort und Beobachter	Datum	Entf.	Auszug aus den Berichten
2. Brüssel, Dr. A. Wegener- Marburg	6. Juni 1915	130 km von Arras	sie hörten sich einmal heller und kürzer, dann wieder dumpfer und länger anhaltend an; ein Rollen war es nicht. 9 Uhr abends in Evere (nordöstl. Peripherie von Brüssel); Richtung aus SW. Windverhältnisse: im untersten Höhenkilometer sehr schwacher Wind mit östlicher Komponente, zugleich Dunst, an der oberen Grenze sich auflösende Cumuli, die bald ganz verschwanden, darüber mässiger Wind mit westlicher Komponente. Am selben Tage verschiedene Pilot- und Drachenaufstiege in Brüssel.
3. Marburg, Prof. Jänicke	20. Aug. 1914	270 km von Metz	K. D. aus Südwesten, vermutlich von der Schlacht bei Metz, den ganzen Nachmittag über, in einem Garten innerhalb der Stadt; fortwährendes dumpfes Rollen u. Brüllen mit einzelnen Schlägen.
4. Tribnow in Pommern <sup>1)</sup> , Emil Rackow	29. Aug. 1914	450 km	K. D. von der Schlacht bei Tannen-berg; recht klarer, heisser Sommertag, leiser Ostwind, Totenstille; ganz leise vernehmbar Knattern von Gewehrschüssen und Geräusch des K. D.
5. Mainz	Ende Okt. bis <sup>11</sup> / <sub>11</sub> Anf. Nov.		In einem Fort von Mainz wurde bei Befestigungsarbeiten unter der Erde in etwa 6 m Tiefe am Telephon deutlich fortgesetztes Rollen wahrgenommen, was die Soldaten auf Kanonendonner zurückführten. <sup>2)</sup>

1) sehr unwahrscheinlich, da Knattern von Gewehrschüssen auf keinen Fall soweit gehört werden kann.

2) Es wäre möglich, dass durch die Erschütterungen beim Abfeuern der Geschütze erdbebenartige Wellen ausgelöst würden.

Die in diesem Verzeichnis genannten Orte sind in der untenstehenden Karte durch ein Kreuz kenntlich gemacht; die Strahlen geben die Richtung des Schalls von der jeweiligen



Masstab: |————| 100 km.

Reichweite des Kanonendonners, im nördlichen Teil von der Beschiessung Antwerpens, im mittleren von den Kämpfen vor Verdun, im südlichen vom oberelsässischen Kriegsschauplatz.

mutmasslichen Schallquelle her an. Hinzugefügt sind die Orte, in denen nach den Angaben und Karten von van Everdingen und Meinardus die Beschiessung von Antwerpen gehört wurde. Dabei sind diejenigen Orte weg-

gelassen, die nach den Mitteilungen beider deshalb nicht in Frage kommen können, weil der dort gehörte Kanonendonner wahrscheinlich entweder von einer Gefechtsübung in der Nordsee oder von Schiessproben in Meppen herrührte.

### 1. Beschiessung von Verdun.

Alle Beobachtungsorte sind 150—240 km von Verdun entfernt, nur einer, Saarbrücken, liegt näher an Verdun heran, nämlich 115 km. Nachrichten aus Orten, die zwischen Saarbrücken und den weiter entfernten liegen, fehlen. Selbstverständlich wird man in der unmittelbaren Umgebung der Festung den Kanonendonner gehört haben. Berücksichtigt man dies und die Tatsache, dass Verdun selbst nicht als Entstehungsort des Schalles in Betracht kommt, sondern dass die Kämpfe Anfang November wie auch die späteren sich in der Hauptsache östlich der Festung abspielten und zwar in einer Entfernung von rund 15 km, so ist es wahrscheinlich, dass der Kanonendonner direkt bis zu einer Entfernung von 100 km wahrgenommen wurde — das würde mit früheren Beobachtungen über die direkte Reichweite des Geschützdonners übereinstimmen —. Dann folgt ein Streifen von etwa 50 km Breite, aus dem keine Meldungen vorliegen, und erst bei etwa 150 km setzt die Hörbarkeit in weitem Umfange wieder ein, um sich bei 250 km allmählich zu verlieren.

### 2. Die Kämpfe im Oberelsass.

Die Berichte geben hier ein weniger deutliches Bild des Verbreitungsgebietes des Schalls. Die Entfernungen schwanken zwischen 50 km (Hauenstein bei Basel) und 250 km (St. Anton an der Arlbergstrasse). Die Mehrzahl der Berichte bezieht sich auf die Hörbarkeit des Geschützdonners am 1. Weihnachtstage 1914. Sie muss gerade in der Schweiz ziemlich stark gewesen sein, da der Kanonendonner „sogar in den

belebten Strassen“ des Städtchens Frauenfeld vernommen wurde. Ausdrücklich wird in den Schweizer Meldungen hervorgehoben, dass, während auf dem Eigergletscher anhaltender Kanonendonner gehört wurde, in Basel Stille herrschte, wogegen er auf den Höhen des Hauensteins nicht weit von Basel wieder vernommen wurde.

### 3. Seegefecht in der Nordsee am 24. Januar 1915.

Ende Januar erschien im „Nieuwen Rotterdamschen Courant“ ein Bericht über Kanonendonner, der von einem in der Nordsee stattgefundenen Seegefecht herrühren konnte. Der Donner wurde im holländischen Küstengebiet z. B. in der Provinz Friesland bei dem Orte Franeker gehört; die Angaben über Zeit und Richtung stimmten so genau, dass nicht zu bezweifeln ist, dass der Kanonendonner wirklich von jenem Gefecht herrührte. Franeker ist von dem Punkt, wo nach deutschen Meldungen das Gefecht abgebrochen wurde, etwa 130 km westnordwestlich von Helgoland, 170 km entfernt.

Auch während eines Angriffs deutscher Luftschiffe auf die englische Ostküste am 19. Januar 1915 hat man in Niederland in der Nähe von Rotterdam Kanonendonner gehört. Allerdings stimmt hier die Angabe der Schallrichtung nicht. Trotzdem ist es nicht ausgeschlossen, dass, da man sich erfahrungsgemäss leicht Täuschungen über Schallrichtung hingibt, der Geschützdonner wirklich von der Beschiessung unserer Zeppeline durch englische Kriegsschiffe oder Küstenbatterien herstammte. Es würde sich in dem Falle um Entfernungen von 150—200 km handeln.

### 4. Die Beschiessung von Antwerpen.

Ueber die Beschiessung Antwerpens in den Tagen vom 28. Sept. bis 9. Okt. 1914 liegt eine ganze Reihe von Beobachtungen vor. Auch hier wurden die durch die gewaltige Beschiessung hervorgerufenen ungeheuren Erschütterungen

der Atmosphäre nicht nur in der unmittelbaren Umgebung der Festung wahrgenommen, sondern weit bis nach Westdeutschland und Nordholland hinein. Ich füge zu den von van Everdingen und Meinardus darüber bereits zusammengestellten Berichten<sup>1)</sup> aus Holland und Deutschland nur vier neue hinzu (s. Verzeichnis). Die deutschen Beobachtungsorte liegen in der Hauptsache in einem Gebiet, das im Westen vom Niederrhein, im Süden von der Ruhr unterhalb Hagen, im Osten von der Linie Hagen-Dortmund-Coesfeld und im Norden von der holländischen Grenze umschlossen ist. Dazu kommen einige vereinzelte Orte westlich des Rheins. Von holländischen Beobachtungsorten sind die zusammengestellt, an denen am Tage der stärksten Beschiessung (8. Okt.) der Geschützdonner gehört wurde. Da Antwerpen dicht an der holländischen Grenze liegt, so war van Everdingen in der Lage, auch die Hörbarkeit in der näheren Umgebung der Festung zu untersuchen. Er erhält zunächst eine Zone von 100 km Radius, in welcher die Beschiessung direkt gehört wurde; dann folgt ein Streifen von etwa 60 km Breite, aus dem mit einer Ausnahme gar keine Meldungen vorlagen. Erst in einem Abstände von 160 km setzte die Hörbarkeit wieder ein und verschwand schliesslich bei etwa 230 km Entfernung von der Schallquelle. Da die Angaben über Schallrichtung fast alle auf Antwerpen als Ausgangspunkt hinweisen, so ist der Zusammenhang mit der Beschiessung der Festung wohl als sicher anzusehen. Everdingens Ergebnisse werden durch die deutschen Berichte bestätigt und ergänzt. Alle Beobachtungsorte in Westfalen und der Rheinprovinz sind mit wenigen Ausnahmen mehr als 160 km von Antwerpen (oder besser Lier an der Nethe) entfernt. Von den Ausnahmen liegen zwei nahe dem Aussenrand der Zone des Schweigens, eine (Aachen) nahe am Innenrand; nur Malmedy würde in

---

1) a. a. O.

das sonst schallfreie Gebiet fallen. Leider liegen gerade bei diesem Orte keine näheren Angaben vor. Sämtliche Orte befinden sich in der Hauptsache nach Norden und Osten von der Schallquelle.

Aus allen angeführten Beobachtungen geht einmal hervor, dass die Reichweite des Geschützdonners überraschend gross sein kann, und zweitens, was von besonderer Wichtigkeit zu sein scheint, dass diese abnorm grosse Reichweite des Schalls durchaus keine Seltenheit, ja wahrscheinlich überhaupt die Regel ist, wenn nur die Schallstärke genügend gross ist. Man kann vielleicht noch weiter gehen und sagen, dass jeder Schallstrahl diese Erscheinung aufweisen muss, und dass es in den meisten Fällen nur an den Mitteln fehlt, um sie nachzuweisen. Eine abschliessende Untersuchung, insbesondere gerade darüber, ob die Erscheinung ganz regelmässig auftritt, ist im gegenwärtigen Augenblick noch nicht möglich. Die Hauptschwierigkeit besteht darin, dass es sich meist nicht um eine einzelne Schallquelle handelt, sondern der Schall von verschiedenen Punkten gleichzeitig herrühren kann. Ferner fehlen natürlich einstweilen und vielleicht für dauernd alle Nachrichten von der Westseite der erwähnten Artilleriegefechte.

Weiter lässt die Gesamtheit der mitgeteilten Beobachtungen, insbesondere die Untersuchung der Hörbarkeit der Beschiessung von Antwerpen, folgenden Schluss auch für die Hörbarkeit des Geschützdonners zu: Neben einer Zone normaler Hörweite, die den Entstehungsort des Schalles sicherlich rings umgibt, dem inneren Schallgebiet, existiert noch ein viel ausgedehnteres Gebiet anormaler Hörweite — wiewohl dies Wort aus dem oben angegebenen Grunde eigentlich nicht mehr recht passt — dem äusseren Schallgebiet, welches von dem ersten durch einen breiten Gürtel getrennt ist, in dem man keinen Schall wahrnimmt, eine Zone des Schweigens. Aus den von Meinardus

und mir angeführten Beobachtungen allein lässt sich, da fast alle Orte offenbar dem äusseren Schallgebiet angehören, eine Zone des Schweigens natürlich nicht konstruieren. Jedoch kann man auch in den Fällen, wo Meldungen aus der unmittelbaren Nähe der Schallquelle fehlen, mit um so grösserer Wahrscheinlichkeit eine Zone des Schweigens annehmen, als die Erscheinung an und für sich ja nicht neu ist, sondern bei einigen Explosionen bereits untersucht ist.

Bei der Explosion an der Jungfraubahn erstreckte sich das Gebiet normaler Hörweite bis etwa 30 km von der Schallquelle, aber einseitig nach Norden zu, die darauf folgende Zone des Schweigens bis 170 km. Von da begann die Zone anormaler Hörbarkeit in einer Breite von 50 km, die aber nur einen Horizontalwinkel von  $80^{\circ}$  etwa von Norden bis Osten umfasst. Auch bei der Explosion eines Pulvermagazins in Wien-Neustadt gliederte sich das Verbreitungsgebiet der durch die Entzündung von 150 000 kg Pulver ausgelösten akustischen Erscheinungen in einen inneren, die Explosionsquelle umschliessenden, gegen Westen und Süden durch die vorgelagerten Höhenzüge scharf abgegrenzten, gegen Osten zu nicht scharfer abzuteilenden Bereich, und in ein äusseres, eine Ringfläche von etwa  $180^{\circ}$  Oeffnung bedeckendes, von Nord über West gegen Süd gelegenes Verbreitungsgebiet. Beide waren durch einen Gürtel von 100—130 km Breite getrennt, in dem kein Schall gehört wurde. In den anderen untersuchten Fällen liegen die Verhältnisse ähnlich. Auffällig ist dabei, dass die äussere Hörbarkeitszone nicht einen zu dem inneren Schallgebiet konzentrischen Ring bildet, sondern einseitig ausgebildet ist mit einem scharf begrenzten Innenrand, während nach aussen sich die Hörbarkeit allmählich verliert. Da für die Untersuchung der Hörbarkeit des Geschützdonners bis jetzt nur deutsche, holländische und einige schweizerische Beobachtungen vorliegen, alle Nachrichten vor allem von der Westseite des französischen Kriegsschauplatzes fehlen, so lässt sich aus diesen Beobachtungen allein

natürlich die Frage nicht entscheiden, ob auch diesmal das äussere Hörgebiet einseitig ausgebildet oder ob es ringförmig geschlossen ist. Da aber andererseits die Analogie zwischen diesen und den früher beschriebenen Fällen unverkennbar ist, so kann man wohl annehmen, dass das äussere Schallgebiet auch hier nur nach einer Richtung sich erstreckt.

Was nun die Erklärung dieser auf den ersten Blick rätselhaften Erscheinung anbelangt, so ist es jedenfalls ausgeschlossen, dass die Schallübertragung auf geradem Wege erfolgt ist; denn dann wäre eine Zone des Schweigens unverstänlich. Darum kommen auch die meisten Erklärungsversuche, wie sie mir in Briefen z. B. zugehen, insbesondere auch die, welche die bessere Leitfähigkeit der Erde als Ursache ansehen, nicht in Betracht. Ein Herr schreibt mir z. B.: „der Laie ist bei seinen Ansichten über die Ursachen der Dinge meist auf einem falschen Wege, es ist aber doch verwunderlich, dass alle naiven Beobachter das Gefühl haben, dass nicht die Luft, sondern die Erde der Schalleiter sei. Der Landsturmann bei der Bahnbewachung behauptet, dass er durch Auflegen der Hand an die Tunnelwand das Dröhnen der Geschütze vernehme, der Landarbeiter spricht von der hartgefrorenen Erde, der Wasserleitungsaufseher behauptet, mit seinem Hörer für Rohrbruch am Eisenbahngeleise den Geschützdonner zu vernehmen“. Die erste Beobachtung ist wohl durch die grosse Wellenlänge des Schalls zu erklären. Dagegen kann der Frost unmöglich die Leitfähigkeit der Erde beeinflussen. Wenn man — so ist die Bemerkung wohl gemeint — im Winter bei hartgefrorener Erde den Schall besser hörte als im Frühjahr (s. auch später) bei lockerer, so wäre eine Erklärung in dem Sinne möglich, dass die lokale Hörbarkeit in unmittelbarer Nähe des Beobachters, der vielleicht in einer Talmulde stand, dadurch beeinflusst werden könnte, ähnlich wie man in einem Zimmer mit unbedecktem Fussboden den Schall

besser hört als bei Verwendung von schalldämpfenden Teppichen, die der gelockerten Erde entsprechen würden. Aber für die eigentliche Fortpflanzung des Schalls kömmt das natürlich nicht in Betracht. Dass man mit einem Hörer für Rohrbrüche, also mit einer Art Mikrophon, den Schall besser hört als durch direkte Uebertragung aus der Luft auf das Trommelfell, ist klar. Die Eisenbahnschienen schwingen natürlich in gleicher Weise wie die Luft. Immerhin ist diese Beobachtung wie die erste ganz interessant.

Man hört auch die Ansicht aussprechen, dass tiefer liegende Ortschaften durch Gebirgszüge oder Geländewellen, die sich zwischen ihnen und der Schallrichtung erstreckten, wie durch eine Schutzmauer von dem Schall abgeschlossen würden, während weiter entfernte auf Höhenzügen gelegene Orte den Schall gewissermassen ohne Hindernis erhielten. Dazu ist zu bemerken, dass oft gerade in den Tälern der Schall gehört wurde, auf den umliegenden Höhen nicht, bezw. dass kein Unterschied in der Hörbarkeit auftritt. Auch Flussläufe, lang ausgestreckte Gebirgstäler werden zur Erklärung herangezogen. So meint ein Beobachter, dass der Schall von den Vogesen her sich ungehindert durch den Schlauch des Rheintals bis nach Heidelberg habe fortbewegen können.

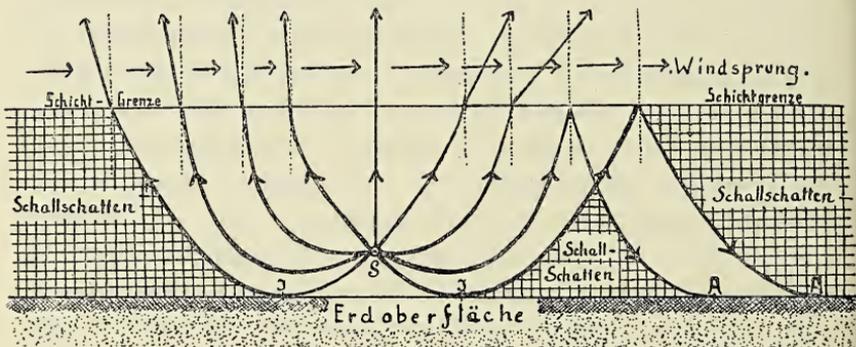
Jedenfalls ist die Luft sicherlich das Medium, das allein hier für die Schallübertragung in Betracht kömmt. Aber die Schallstrahlen beschreiben dabei keine geraden Linien, sondern sind gekrümmt oder gebrochen. Es fragt sich nur, ob sie durch den Einfluss von Wind und Temperatur schon bei ihrem Wege durch die untersten Atmosphärenschichten zur Erde zurückgebogen werden (de Quervain, W. Schmidt, Fujiwhara) oder ob sie erst in beträchtlich grösseren Höhen durch Reflexion an einer durch die geänderte chemische Zusammensetzung der Luft hervorgerufenen Schichtgrenze zur Umkehr

nach der Erde gezwungen werden (v. d. Borne, A. Wegener).

Während die Schallgeschwindigkeit vom Luftdruck unabhängig ist, hat die Temperatur einen wesentlichen Einfluss auf sie. Es ist nämlich  $v = 331 \sqrt{\frac{T}{273}}$  m p. s., wo  $T$  die absolute Temperatur bedeutet, 331 m p. s. die Geschwindigkeit für  $0^\circ$  C. ist. Da die Temperatur der Luft bekanntlich mit der Höhe sinkt, so nimmt auch die Schallgeschwindigkeit entsprechend ab. In einer Höhe von 10 km, wo eine Temperatur von etwa  $-50^\circ$  C. herrscht, würde z. B. die Schallgeschwindigkeit nur noch 300 m p. s. betragen. Die Schallstrahlen werden dadurch ähnlich wie die Lichtstrahlen ungefähr parabelförmig gekrümmt, nur nicht wie diese konvex nach oben, sondern konkav. Diese Temperaturabnahme tritt aber nur in den untersten Atmosphärenschichten auf, der sog. Troposphäre, die in unseren Breiten bis zu 11 km Höhe reicht. Oberhalb derselben, in der sog. Stratosphäre, hört die Temperaturabnahme auf und es herrscht konstante Temperatur von beiläufig  $-55^\circ$  C.; hier müssen also die Schallstrahlen wieder geradlinig verlaufen. Die Folge dieser Temperaturumkehr oder Inversion ist aber eine deutliche Schichtgrenze, oberhalb deren eine vertikale Durchmischung, welche zur Temperaturabnahme mit der Höhe führt, ausgeschlossen ist. Aber auch unterhalb dieser Schichtgrenze ist die Atmosphäre fast immer von einer Schar von solchen Diskontinuitätsflächen oder Inversionen durchsetzt, die als Wolkenoberflächen oder auch, bei Abwesenheit von Kondensation, nur als sprunghafte Aenderungen im Gang aller meteorologischen Elemente mit der Höhe in Erscheinung treten. Diese müssen nach der obigen Formel bewirken, dass  $v$  grösser wird, also die Schallstrahlen im entgegengesetzten Sinne gekrümmt, d. h. herumgebogen und allmählich parallel der Erdoberfläche werden. Schliesslich kann, wenn es sich um eine sprunghaft auftretende Inversion handelt, eine Art

Totalreflexion bei flach auftretenden Strahlen eintreten, die sie zur Erde zurückbiegt. Der Grenzwinkel der totalen Reflexion ist dabei ebenso wie für einen Lichtstrahl nach der Formel  $\sin g = \frac{v_{\text{unten}}}{v_{\text{oben}}}$  zu berechnen. Ganz besonders tritt eine solche Umkehr der Schallstrahlen ein, wenn zu der Inversion, wie es die Regel ist, ein Windsprung hinzukommt und dadurch die Schichtgrenze besonders scharf ausgeprägt wird.

Ist  $S$  (s. Figur<sup>1)</sup>) die Schallquelle, die etwas oberhalb der Erde angenommen sei, so gehen von ihr nach allen



Einfluss von einer mit Windsprung verbundenen Schichtgrenze auf die Ausbreitung des Schalls (schematisch).

Richtungen Schallstrahlen aus, die dabei nach der oben mitgeteilten Formel konkav nach oben gekrümmt werden. Es entsteht dadurch ein kreisförmiges Gebiet, in dem der Schall direkt wahrgenommen wird. Die Begrenzung dieses Kreises ist durch die Punkte gegeben, in denen die Schallstrahlen von der Erdoberfläche zurückgebogen werden; jenseits ist Schallschatten. Kommen nun die aufwärts gebogenen Strahlen an die mit Windsprung verbundene Schichtgrenze, so wird ihre Geschwindigkeit geändert u. z. vermindert oder ver-

1) nach einer Vorlesungsfigur von A. Wegener.

mehrt, je nachdem sie gegen den Wind oder in gleicher Richtung mit ihm auftreffen, denn es ist  $v = v_0 + v_{Wind}$ , wo von  $v_{Wind}$  natürlich nur die in die betreffende Richtung fallende Komponente in Betracht kommt. Daher werden die Strahlen der ersten Gruppe zum Einfallslot hingebrochen, die anderen aber vom Einfallslot fort; schliesslich werden diese, wenn der Grenzwinkel der totalen Reflexion erreicht ist, reflektiert und gelangen in einiger Entfernung wieder zur Erde zurück und bilden so ein Gebiet einer zweiten Hörbarkeit. Aus der Figur geht deutlich hervor, dass dies äussere Schallgebiet nicht ringförmig verlaufen kann, sondern dass es einseitig ausgebildet sein muss, weil ja nur ein Teil der Strahlen Totalreflexion erfahren kann. Zwischen den beiden Gebieten der Hörbarkeit erstreckt sich der Bereich des Schallschattens, die Zone des Schweigens.

Es scheint also, als ob die Beobachtungen über anormale Hörbarkeit sich auf diese Weise erklären liessen. Und in der Tat sehen viele Meteorologen solche Inversionen in Verbindung mit Windsprüngen als Ursache derselben an. Aber die obigen Ueberlegungen sind nur qualitativer Natur. Verfolgt man das Problem rechnerisch, wie es zuerst v. d. Borne getan hat, so erkennt man, dass diese Erklärung nicht ausreicht. Solche scharfen Schichtgrenzen, wie sie zum Herumbiegen der Schallstrahlen erforderlich sind, pflegen nämlich nur in der Troposphäre aufzutreten. Legt man aber solche Höhen bis zu 11 km der Berechnung zu Grunde, so bekommt man zu geringe Entfernungen der 2. Hörbarkeitszone. Z. B. würden bei einer Schichtgrenze in 2 km Höhe die Schallstrahlen in einer Entfernung von 10–20 km, bei 11 km Höhe immerhin erst in 100 km Entfernung die Erde wieder erreichen, was allerdings der Grössenordnung nach mit den Beobachtungen übereinstimmt. Wenn also Inversionen in Betracht kommen, so kann es sich nur um diese obere handeln, schon aus diesen rechnerischen Gründen, ganz abgesehen davon, dass die Grösse der aus der Troposphäre be-

kannten Windsprünge in den unteren Schichten sehr selten genügen würde, um überhaupt die Erscheinung des völligen Herumbiegens der Schallstrahlen zu erklären. Und damit lässt sich die bemerkenswerte Häufigkeit des Auftretens einer 2. Hörbarkeitszone nicht vereinbaren. Auch würde die Veränderlichkeit aller Schichtgrenzen in der Troposphäre schlecht zu der Regelmässigkeit der Erscheinung und der ziemlich unveränderlichen Grössenordnung des äusseren Schallgebiets stimmen.

Wollte man die Ergebnisse der Rechnung in bessere Uebereinstimmung mit den tatsächlich beobachteten grösseren Entfernungen der äusseren Zone bringen, so müsste man also höhere Schichten der Atmosphäre heranziehen. Aber die unmittelbar über der Troposphäre liegenden Schichten der Stratosphäre enthalten erst recht nicht derartige Windsprünge in der Regelmässigkeit und Grösse, wie sie die Erscheinung verlangt. Die Windverhältnisse ändern sich vielmehr mit der Höhe so gleichmässig, dass nur eine Vergrösserung der Hörbarkeitszone möglich ist, nicht aber eine Zone des Schweigens sich erklären lässt. Daher führt man vielleicht besser das Phänomen in der Hauptsache gar nicht auf Bewegungsunterschiede in der Atmosphäre zurück, sondern auf die verschiedene chemische Zusammensetzung derselben und dadurch hervorgerufene Schichtgrenzen. In Betracht kommt da nur die stets vorhandene ziemlich stark ausgeprägte Schichtgrenze in etwa 70 km Höhe an der Grenze zwischen der Stickstoff- und Wasserstoffsphäre.

An dieser muss unbedingt wegen der grossen Verschiedenheit der Schallgeschwindigkeit, die für Luft 331 m p. s., für H 1280 m p. s. beträgt, eine Schallreflexion eintreten. Und wir würden vor einem Rätsel stehen, wenn nicht eine solche äussere Hörbarkeitszone als Folge dieser Reflexion vorhanden wäre.

Nehmen wir zunächst einmal an, ein Schallstrahl verlief von der Schallquelle aus vollkommen geradlinig, so

würde, wie sich aus den verschiedenen Geschwindigkeiten für Luft und H ergibt, bei einem Einfallswinkel von  $15^{\circ}$  Totalreflexion eintreten und der Schall würde in etwa 40 km Entfernung von der Schallquelle die Erde schon wieder erreichen. Nun erleiden ja aber die Schallstrahlen in der Troposphäre wegen der hier herrschenden Temperaturabnahme mit der Höhe bereits eine Krümmung. Berücksichtigt man diese und namentlich die Tatsache, dass an der Schichtgrenze die beiden Gase nicht absolut scharf voneinander getrennt sind, sodass keine eigentliche Reflexion, sondern nur ein allmähliches Herumbiegen erfolgen kann, so ergeben sich Entfernungen von mindestens 116 km für den Innenrand der zweiten Hörbarkeitszone, während sich die Hörbarkeit nach aussen bei etwa 220 km allmählich verlieren soll; das sind Resultate, die mit den früheren Beobachtungen in befriedigender Uebereinstimmung stehen. Bei Witten z. B. war der Innenrand 110 km entfernt, bei der Schweizer Explosion 140 km, bei der Wiener 180 km; die Beobachtungen von der Beschiessung Antwerpens geben 160 km, die von Verdun etwa 140 km. Auch ist, wie die Theorie es verlangt, die Intensität des Schalls am Innenrande der äusseren Zone sichtlich beträchtlich nach den vorliegenden Berichten, wenn von „dumpfem Brüllen“, „so schweren Schlägen, als ob man die 42 cm-Geschütze hörte“ usw. die Rede ist. Die Unterschiede zwischen Theorie und Beobachtungen beruhen wohl darauf, dass v. d. Bornes Berechnungen für ruhende Luft ausgeführt sind.

Es ist also sehr wahrscheinlich, dass die Ursache der auffallend grossen Reichweite des Geschützdonners in einer Art Echo an der unteren Grenze der Wasserstoffhülle der Erdkugel zu suchen ist. Dafür spricht vor allem m. E. die Regelmässigkeit der Erscheinung, die ich besonders betonen möchte, während W. Schmidt u. a. gerade die Unregelmässigkeit hervorheben. Aber nach den bereits jetzt vorliegenden vielen Berichten, die oft eine Hörbarkeit Monate

hindurch, Tag und Nacht, melden, wird man doch kaum von Ausnahmen reden können. Mit absoluter Sicherheit lässt sich allerdings z. Zt. wohl noch keine Entscheidung treffen, welche der beiden Theorien Recht hat. Denn dazu fehlen einstweilen noch die nötigen Beobachtungen in höheren Luftschichten. Vielleicht kann man aber beide verbinden, indem man das Vorhandensein eines äusseren Schallgebiets als Folge der Reflexion an der Wasserstoffosphäre ansieht, dagegen die einseitige Ausdehnung desselben, wie sie in den genauer untersuchten Fällen vorhanden und auch jetzt wohl zu erwarten ist, durch die Windverhältnisse in der Atmosphäre erklärt.

Ein Beobachter hat die Erscheinung von Anfang an verfolgt; seine Angaben sind derart, dass man beinahe auf eine jährliche Periode der anormalen Hörbarkeit schliessen könnte. Nach ihm setzte dieselbe sofort im August ein, wo der Kanonendonner hoch oben im Walde, wohin sonst keine fremden Geräusche gelangen konnten, leise vernommen wurde; im September konnte man den Geschützdonner schon auf Spaziergängen in der Nähe der Stadt (Oberstein) hören, und mit eintretender Winterkälte steigerte sich die Wirkung so, dass man „im geschlossenen Zimmer stets unangenehm an den Krieg gemahnt wurde“. (Eigentümlicherweise vernahm der Beobachter den Ton im Ofen bzw. aus ihm heraus.) Den Höhepunkt bildete die Schlacht zwischen Maas und Mosel. Mit Eintritt der warmen Witterung, die plötzlich Ende April einsetzte, als die Bäume anfangen, sich zu belauben, hörte ebenso plötzlich der Kanonendonner auf. Noch zwei andere Beobachter schrieben mir, dass mit dem Einsetzen der Belaubung bzw. des warmen Wetters der Kanonendonner nicht mehr vernommen wurde, „den man früher so stark und oft hörte“. Die Belaubung kann natürlich nur von lokaler Bedeutung sein, indem die aus der Höhe kommenden Strahlen von den Blättern reflektiert werden, ähn-

lich wie das bei jedem Echo am Waldrande eintritt. Dagegen können die zwischen der Schallquelle und dem Beobachtungsort liegenden Wälder natürlich keinen Einfluss auf die Fortpflanzung des Schalls haben, da diese ja in ganz anderen Höhen vor sich geht.

Natürlich wird man diese wenigen Beobachtungen nicht ohne weiteres verallgemeinern dürfen, um aus ihnen eine jährliche Periode der anormalen Hörbarkeit zu konstruieren. Dazu wären weitere Feststellungen über die Hörbarkeit während der Sommermonate erforderlich, insbesondere darüber, ob die Hörbarkeit aufgehört hat. Die bis jetzt vorliegenden Meldungen beziehen sich naturgemäss in der Hauptsache auf die Herbst- und Wintermonate. Und ein Vergleich der Berichte nach dem Datum geordnet kann natürlich nur ein ungenaues Bild geben, da die Möglichkeit, Geschützdonner zu hören, ja in erster Linie von den kriegerischen Operationen abhängt. Immerhin ist eine auffällige Häufung der Berichte in den Wintermonaten gegenüber den Herbst- und Frühlingmonaten unverkennbar. Wenn auch auf dieser ganz unsicheren Schätzung kein Beweis aufgebaut werden soll, so kann sie doch die Vermutung, dass die Intensität der anormalen Hörbarkeit im Winter ein Maximum habe, stützen. Leider sind mir die Daten, an denen die mehrfach erwähnten Explosionen stattfanden, nur zum Teil zur Hand, so dass diese nicht zu einer eventuellen Beweisführung herangezogen werden können.

Sollte tatsächlich eine jährliche Periode der anormalen Hörbarkeit vorhanden sein, so würde vielleicht eine Erklärung derselben darin gefunden werden können, dass mit einsetzender höherer Temperatur die im Winter häufigen Inversionen verschwinden und dem normalen Temperaturgefälle mit der Höhe Platz machen. Dadurch würden die Schallstrahlen so gekrümmt, dass entweder überhaupt keine Totalreflexion mehr eintreten könnte oder doch wenigstens der Bereich der äusseren Zone sehr beschränkt würde. So lässt sich z. B.

nach Meinardus auch die verhältnismässig geringe Reichweite des Donners (20—30 km) auf die bei Gewittern meist herrschende starke Temperaturabnahme mit der Höhe zurückführen. Ebenso verhält es sich mit der täglichen Periode der Hörbarkeit, die sich mit den Temperaturverhältnissen ändert. In der Nacht und in den frühen Morgenstunden ist die Hörbarkeit besonders gut, nicht etwa, weil es um die Zeit stiller wäre — Humboldt konnte das Brausen des Orinoko auf weite Entfernung nur bei Nacht hören, wiewohl in den Tropen nachts eine grössere Unruhe herrscht als am Tage —, sondern weil die Inversionen gegen Morgen ihr Maximum erreichen.

Andererseits kann man den Einfluss der Temperatur auf die Ausbreitung des Schalls auf diese grosse Entfernungen kaum als so gross ansehen, dass Schwankungen in dem Temperaturzustand der Atmosphäre allein eine solche Periode hervorbringen könnten; denn trotz aller Inversionen überwiegt doch schliesslich das Temperaturgefälle mit der Höhe. Nur bei Bodeninversionen könnte die Temperatur einen grösseren Einfluss haben; Bodeninversionen sind allerdings im Winter häufiger als in den übrigen Jahreszeiten, aber immerhin ist ihre absolute Zahl doch zu gering. Offenbar kommt bei dieser Erscheinung eine ganze Reihe von Momenten in Betracht, insbesondere die Verlagerung der Stratosphäre, die eine jährliche Periode aufweist, der Verlauf der Temperatur an ihrer Grenze, die Windverhältnisse u. a. Die Erklärung ist also sicher nicht einfach; aber es wäre wertvoll gerade auch zur Lösung dieser speziellen Frage, noch Material besonders aus den Sommermonaten zu sammeln.

An der belgischen und holländischen Küste hört man häufig den sog. Seedonner, auch Mistpoefer genannt. Man hat früher atmosphärische, vulkanische und ozeanographische Ursachen als Erklärung herangezogen. Wahrscheinlich ist auch diese Erscheinung hervorgerufen, wie auch W. Krebs annimmt, durch das Echo des Geschütz-

donners aus englischen Kriegshäfen an den hohen Atmosphärenschichten. Diese Annahme würde auch zu der Erklärung passen, die nach einer Notiz in der Zeitschrift „Ciel et terre“ 1910, S. 426, die flämischen Strandbewohner selber geben, indem sie sagen: Man schießt in England.

Uebrigens hat die Lösung des Problems der Fernwirkung von Schallquellen nicht nur theoretisches Interesse, sondern kann auch unter Umständen im Kriege von Wichtigkeit sein. Beispiele für die Bedeutung z. B. des Kanonendonners als Richtung gebendes Signal finden sich in allen grösseren Werken der Kriegsgeschichte älterer und neuerer Zeit, unter anderen in Moltkes Geschichte des Krieges von 1870/71. Dörr<sup>1)</sup> hat eine Reihe solcher Beispiele zusammengestellt. Danach haben z. B. wiederholt 1866 wie 1870 Armeeführer die Weisung erhalten, gegebenenfalls auf den K. D. loszumarschieren und in die Schlacht einzugreifen. Sie blieben aus und niemand glaubte ihnen, dass sie kein Geschützfeuer gehört haben wollten. Sie waren eben in die Zone des Schweigens geraten.

---

In der Diskussion, die sich an den Vortrag von Herrn W. Brand anknüpfte, machte Herr A. Nippoldt (Potsdam) folgende Bemerkung:

Der Vortragende bemerkte, dass von einigen Beobachtern festgestellt sei, dass die Hörbarkeit des Geschützdonners von der Jahreszeit abhängig erscheine und dass dies auf einen hemmenden — vermutlich mechanisch hemmenden — Einfluss der Belaubung gesetzt werde. Wer, wie ich, öfters in der Lage ist, in freiem Felde die Schläge eines Chronometers zählen zu müssen, wird in der Tat die Beobachtung gemacht haben, dass die Hörbarkeit eines so gleichmässigen Schlags grossen Schwankungen unterworfen ist; selbst weit ab von jeder menschlichen Siedlung, wo das nicht messende Ohr absolute Stille feststellt, ist das Chronometer nicht mehr so

---

1) Dörr: Ueber die Hörbarkeit von Kanonendonner, Explosionen und dergl. Met. Ztschr. 1915. Heft 5.

weit zu vernehmen, als z. B. in dem tatsächlich stillen Raum eines unterirdischen Observatoriums. In der freien Natur ist eben stets ein Allgemeingeräusch vorhanden. Eine der Ursachen ist die Reibung der vom Wind getriebenen Luft an der Vegetation. Infolgedessen hängt die Hörbarkeit sehr von Art und Dichte der Bepflanzung der nächsten Umgebung ab. So habe ich vor wenigen Tagen, mitten in einem ausgedehnten Haferfelde messend, das Werk erst in etwa 40 cm Entfernung vom Ohr sicher Schlag für Schlag hören können, während ich gestern auf einer Anhöhe beim Sellhof, die mit Heidelbeeren und Ginster bewachsen ist, die Uhr in 3 m Abstand schlagen hörte. Der Wind war in beiden Fällen annähernd von gleicher Stärke, sodass die Wirkung auf Rechnung des stärkeren Rauschens der Haferähren zu setzen ist.

So wäre es durchaus möglich, dass die Hörbarkeit des Geschützdonners in der Tat durch die sommerliche Belaubung herabgesetzt wird, nur möchte ich den grösseren Teil auf die Vermehrung des Allgemeingeräusches anrechnen und nur einen kleinen auf den Verlust an Energie der Schallwellen beim Durchdringen der Vegetation.

---

Zusatz: Gleichzeitig mit dem vorstehenden Vortrag erschien in der „Umschau“ Nr. 27 ein Aufsatz von de Quervain (Zürich), in dem er die Ausbreitung des Kanonendonners aus dem Sundgau untersucht. Die Ausdehnung der anormalen Hörbarkeitszone reichte danach am 1. Weihnachtstage bis 160—210 km. Auch Qu. findet, dass in diesem Fall die Zone des Schweigens weniger klar ausgebildet ist; sie ist aber vorhanden und schiebt sich wie ein Keil, ungefähr dem Jura folgend, von SW nach NO. Dagegen lässt sich die Asymmetrie sehr deutlich erkennen, besonders aus dem negativen Bericht des Observatoriums von Besançon. Quervain ist jetzt gleich mir der Meinung, dass die beiden Hypothesen der Schallverbreitung einander nicht auszuschliessen brauchen, begründet es aber nicht weiter.

---

Professor Arthur Meyer sprach über das Thema:

**Die in den Zellen vorkommenden Eiweisskörper  
sind stets ergastische Stoffe.**

Er beweist, dass die alte, zur Gewohnheit gewordene Anschauung, die aus den Zellen dargestellten Eiweisskörper seien Bausteine der lebendigen Substanz, völlig unbewiesen ist und sucht wahrscheinlich zu machen, dass alle in der Zelle vorkommenden Eiweisskörper ergastische Stoffe, Reservestoffe für die lebende Substanz sind, in welcher sie als solche meist in einiger Menge gelöst sein dürften.

Er hebt zuerst hervor, dass die physiologisch-chemischen Arbeiten keinen Beweis für die Beteiligung der Eiweisskörper am Aufbaue der lebenden Substanz erbringen, dass ferner die von den Chemikern aus den Organismen hergestellten Eiweissstoffe nachweislich in der allergrössten Mehrzahl (wahrscheinlich alle) von ergastischen Gebilden der Zelle, nicht aus dem Protoplasten stammen. Er zeigt, wie die Tatsache, dass die Gleichheit, Aehnlichkeit und Verschiedenheit der in den Spezies enthaltenen Eiweisskörper bei serologischen Untersuchungen den Grad der morphologischen Verwandtschaft der Spezies bis zu einem gewissen Grade widerspiegelt, über die Beteiligung der Eiweisskörper am Aufbaue der lebenden Substanz nichts aussagt.

Dem Verhältnis gegenüber, dass nicht der geringste Beweis für die Auffassung der Eiweisskörper als Bestandteile der lebenden Substanz spricht, ist es sicher, dass die Eiweisskörper in der Zelle als ergastische Gebilde und Reservestoffe vorkommen. Einige Tatsachen beweisen dabei, dass die Speicherung der Eiweisskörper eine besonders vorteilhafte Art der Speicherung von Atomkomplexen ist, welche die Zelle zu ihrer Ernährung braucht.

---

# Sitzungsberichte

der

## Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

### MARBURG

---

---

**Nr. 4**

**November**

**1915**

---

---

In der Sitzung vom 10. November 1915 hielt Herr F. A. Schulze den Vortrag:

### Die Uebereinstimmung der als „Reflexionstöne“ oder als „Pfaundler'sche Töne“ bezeichneten Klangerscheinungen mit der Helmholtz'schen Resonanztheorie des Hörens.

Gegen die von G. S. Ohm aufgestellte, von Helmholtz in seiner Resonanztheorie des Hörens anatomisch und physikalisch begründete Grundhypothese, dass einem reinen einfachen Ton nur eine sinusförmige Bewegung bezw. Druckänderung der Luft entspreche, sind im Laufe der Zeit vielfache Einwände erhoben worden, die meist der Resonanztheorie die Periodiktheorie des Hörens entgegenstellten, wonach jede beliebige periodische auch nicht sinusförmige Bewegung der Luft einen entsprechenden Ton hervorrufe. Bereits Ohm hatte deswegen einen lebhaften Streit mit Seebeck. Später haben insbesondere R. König und in neuerer Zeit L. Hermann die Periodiktheorie des Hörens verteidigt und durch Versuche zu stützen gesucht. Die Schwierigkeit, die der Resonanztheorie des Hörens in der Erscheinung der Kombinationstöne erwuchs, ist bereits von Helmholtz selbst durch Einführung quadratischer Glieder in dem Ansatz für die elastischen Kräfte im wesentlichen beseitigt worden.

Ausser anderen Klangerscheinungen sind später hauptsächlich die sogenannten Unterbrechungstöne und die Phasenwechselföne als Beweis für die Periodiktheorie des Hörens angeführt worden, indem man durch Versuche gefunden zu haben glaubte, dass regelmässige Unterbrechungen bezw. Intensitätsschwankungen oder Phasenwechsel eines gegebenen Tones einen in der Höhe ihrer Periode entsprechenden Ton im Ohr hervorrufen sollten. Ich<sup>1)</sup> konnte jedoch theils an der Hand der vorliegenden sowie durch eigene Versuche zeigen, dass die bei diesen Vorgängen im Ohr auftretenden zum Teil recht komplizierten Klangerscheinungen nicht nur mit der Periodiktheorie nicht im Einklang stehen, sondern bis in alle Einzelheiten hinein vollkommen die Resonanztheorie des Hörens bestätigen.

Neuerdings hat nun L. Hermann<sup>2)</sup> die von A. Baumgarten<sup>3)</sup> entdeckten und von Pfaundler<sup>4)</sup> künstlich hergestellten Reflexionstöne, von ihm als „Pfaundler'sche Töne“ bezeichneten Töne als besonders beweisend für die Periodiktheorie hingestellt. Es sind dies diejenigen Töne, die gehört werden, wenn ein Impuls eines Geräusches, etwa des Rauschens eines Flusses zweimal kurz nach einander einmal direkt, einmal nach Reflexion von einer Mauer, das Ohr eines Beobachters trifft. Das Ohr soll dann einen der Zeitdauer zwischen beiden Impulsen entsprechenden Ton wahrnehmen. H. Starke<sup>5)</sup> hat diese Erscheinung im Gegensatz zu dieser Auffassung im Sinne der Resonanztheorie des Hörens gedeutet, indem er darauf hinweist, dass in dem Ge-

---

1) F. A. Schulze, Ann. d. Physik, 26, S. 217, 1908, und 45, S. 283, 1914.

2) L. Hermann, Archiv f. d. ges. Physiologie, 146, S. 249, 1912.

3) A. Baumgarten, Ber. d. naturw.-med. Vereins in Innsbruck. Jahrg. 7, Heft 1, S. 116, 1876.

4) Pfaundler, Sitz.-Ber. d. Wiener Akad., math.-naturw. Kl. 2. Abt., Bd. 76, S. 561, 1877.

5) H. Starke, Verh. d. Deutsch. Physik. Ges. 1908, S. 295.

räusch bereits ein Gemisch sehr vieler Partialtöne enthalten ist, von denen jedesmal derjenige besonders stark und deutlich gehört wird, dessen durch Reflexion gebildete stehende Welle am Ohr des Beobachters einen Knotenpunkt hat<sup>1)</sup>

Die Baumgarten'schen Reflexionstöne sind von Pfaundler mit der Lochsirene in der Weise künstlich nachgeahmt, dass er auf derselben Lochreihe zwei Blaseröhren anbrachte, von denen die eine festgestellt werden konnte, die andere längs der Lochreihe beweglich war. Auf diese Weise entstanden zwei Schallimpulse beim Vorbeigehen eines Loches vor den zwei Blaseöffnungen. Das Zeitintervall zwischen den beiden Impulsen nimmt zu oder ab, je nachdem man die Blaseöffnungen voneinander entfernt oder einander nähert. Entsprechend müsste nach der Periodiktheorie bei stetiger Vergrößerung oder Verkleinerung des Abstandes der Blaseöffnungen ein stetig in der Tonhöhe sinkender oder steigender Ton im Ohr gehört werden.

Pfaundler sowohl wie L. Hermann, der diesen Versuch nachgemacht hat, behaupten in der Tat, diese stetig in der Höhe sich ändernden Töne bei Bewegung der beweglichen Anblaseöffnung wahrgenommen zu haben. L. Hermann benutzte hierbei, um den Ton deutlicher und für die Periodiktheorie beweisender zu gestalten, nicht wie Pfaundler eine Scheibe mit regelmässig angeordneten Löchern, sondern brachte die Löcher unregelmässig auf der Scheibe an. Er schreibt (l. c. S. 293): „Wer sich einmal von der Existenz der Pfaundler'schen Töne überzeugt hat und somit zugeben muss, dass es eine Tonempfindung gibt, welche nicht auf Resonatorerregung beruhen kann, wird auch in der Annahme subjektiver Amplitudentöne (Differenz-, Unterbrechungs- und Phasenwechseltöne) nichts Bedenkliches mehr finden, und

---

1) Wie ich gefunden habe, ist diese Erklärung der sog. Reflexionstöne bereits von A. Seebeck, Pogg. Ann. 59, S. 177, 1843, gegeben als Deutung der entsprechenden von N. Savart, Pogg. Ann. 46, 458, 1841, gemachten Beobachtung.

hierin liegt meiner Ansicht nach die grosse theoretische Bedeutung der hier erörterten Erscheinungen.“

In der Tat wäre die Existenz der Pfaundler'schen Töne durch die Resonanztheorie des Hörens nicht erklärbar.

In diesen Berichten habe ich<sup>1)</sup> vor kurzem bereits gezeigt, dass nach der Resonanztheorie des Hörens nur eine unstetige Folge von Tönen auftreten kann, da der ganze Vorgang auch bei zwei Anblaseöffnungen streng periodisch ist, sodass nur der dieser Periode entsprechende Grundton und seine harmonischen Obertöne gehört werden können.

Jedoch wird, wie von vornherein plausibel ist, und aus der Theorie der Fourier'schen Reihen leicht zu beweisen ist, unter den Partialtönen gegenüber dem Falle des Anblasens mit einem Rohr beim Anblasen mit zwei Röhren immer gerade derjenige besonders stark sein, dessen Ordnungszahl dem Verhältnis der ganzen Periode zu dem Abstand der Anblaseröhre am nächsten kommt, also gerade ein Ton von ungefähr derjenigen Tonhöhe, die nach der Periodiktheorie zu erwarten wäre. Sind also die beiden Anblaseröhre zunächst weit auseinander und nähert man das bewegliche dem feststehenden, so werden successive immer höhere und höhere Partialtöne besonders stark erscheinen; und da die benachbarten Partialtöne höherer Ordnung einander im Intervall immer näher kommen (z. B. unterscheiden sich der 16. und 17. Partialton nur um etwa einen halben Ton), so wird bei stetiger Bewegung des beweglichen Anblaserohres in der Tat im Ohr der Eindruck einer stetigen Aenderung der Tonhöhe erweckt werden, wie man sie nach der Periodiktheorie erwarten müsste. Die scheinbare Uebereinstimmung mit dieser wird auch dadurch noch besonders verstärkt, dass die Höhe des verstärkten Partialtones stets nahezu, gelegentlich auch genau mit den nach der Periodiktheorie bei dem betreffenden Abstand der beiden Rohre zu erwartenden Ton überein-

---

1) F. A. Schulze, Marburger Sitz.-Ber. 1913, S. 4.

stimmt. Auf diese Weise kann also leicht ein der Periodiktheorie des Hörens entsprechendes Versuchsergebnis vorgetäuscht werden.

Die in Aussicht gestellten Versuche hierüber habe ich nun an einem möglichst genau gebauten Apparat angestellt. Insbesondere kam ein mit dem beweglichen Arm fest verbundenen Teilkreis zur Anwendung, um den Abstand der Anblaserohre voneinander genau feststellen zu können. Herrn Dr. Strieder, der mir beim Bau des Apparates mit Rat und Tat behilflich war, möchte ich auch an dieser Stelle hierfür herzlich danken.

Auf der Lochscheibe befanden sich 32 Löcher; je acht Löcher bildeten eine Periode. Es waren mehr als eine Periode auf der Scheibe angebracht, um die Tonerscheinungen auch dann beobachten zu können, wenn die beiden Anblaserohre an derselben Stelle der Periode aneinander vorbeigehen, was technisch nicht gut auszuführen ist, wenn die ganze Scheibe eine volle Periode ist.

Mit diesem Apparat wurde nun der Abstand der Anblaserohre voneinander in Intervallen von halben zu halben Graden verändert, und jedesmal genau alle gehörten Töne notiert. Innerhalb einer solchen Versuchsreihe blieb die mit einem Tourenzähler gemessene Drehgeschwindigkeit der durch einen Elektromotor in Drehung versetzten Lochscheibe konstant, was auch von Zeit zu Zeit durch den Ton einer auf derselben Axe angebrachten Lochscheibe von 32 Löchern kontrolliert wurde. Das Anblasen geschah mit komprimierter Luft.

Das Ergebnis der zahlreichen, bei sehr verschiedenen Drehgeschwindigkeiten und Anblasestärken ausgeführten Versuche war nun, dass stets nur der der betreffenden Drehgeschwindigkeit entsprechende Grundton sowie seine harmonischen Obertöne gehört wurden, niemals jedoch derjenige Ton, der dem Abstand der beiden Anblaserohre voneinander entsprechend nach der Periodiktheorie hätte gehört werden müssen, wenn er nicht zufällig mit einem der Partialtöne über-

einstimmte. Entsprechend der Resonanztheorie des Hörens ergab sich auch, dass stets die Intensität desjenigen Partialtones besonders gross war, dessen Ordnungszahl dem Werte des Verhältnisses der ganzen Periode zum Abstand der beiden Anblaseröhre voneinander am nächsten lag, wodurch eben, wie vorher auseinandergesetzt, bei Bewegung des einen Anblaserohres der Eindruck einer stetigen Tonänderung hervorgerufen wird, namentlich wenn der Abstand der Anblaseröhre voneinander nicht gross ist. Die Feststellung der Tonhöhe geschah mit Hilfe einer Normalstimmgabel nach dem Gehör, genauer durch kontinuierlich verschiebbare geeichte Zylinderresonatoren von K. L. Schaefer. Trotz gespanntester Aufmerksamkeit konnte ich von den nach der Periodiktheorie zu erwartenden Tönen keine Spur wahrnehmen, wenn nicht zufällig einer der Partialtöne mit ihm zusammenfiel. Da man bei solchen Versuchen, bei denen es sich um subjektive Befunde handelt, leicht einer Täuschung oder auch Selbstsuggestion ausgesetzt ist, ist es mir besonders wertvoll, dass auch Herr Prof. Richarz, Herr Prof. R. H. Weber und Herr Dr. Strieder, die auf meine Bitte die Freundlichkeit hatten, die Klangerscheinungen anzuhören, mir das unstetige Verhalten der gehörten Töne bestätigten.

Es zeigt sich also, dass es eigentliche subjektive Reflexionstöne oder Pfaundler'sche Töne, deren Vorhandensein die Periodiktheorie fordert, nicht existieren, dass vielmehr alle bei diesen Anordnungen gehörten Klangerscheinungen vollkommen der Resonanztheorie entsprechen und sie von neuem bestätigen.

Bemerkt sei noch besonders, dass alle Töne ohne Resonatoren gehört wurden, sich aber durch Resonatoren verstärken liessen, also objektiv im Klang vorhanden waren.

#### Seebeck'sche Töne.

In engem Zusammenhang mit diesen Reflexionstönen oder Pfaundler'schen Tönen stehen gewisse Töne, deren Existenz

von Seebeck behauptet worden ist, und die ebenfalls für die Periodiktheorie beweisend sein würden, während sie von der Resonanztheorie nicht erklärt werden könnten.

Nach Seebeck <sup>1)</sup> soll man nämlich bei einer Lochsirene, bei welcher je vier aufeinanderfolgende Löcher eine Periode bilden, in der Weise, dass die Abstände des zweiten Loches vom ersten und dritten Loch gleich gross sind, während der Abstand des dritten vom vierten Loch, dem ersten der nächsten Periode, einen anderen Wert hat, stets einen Ton hören, der den beiden gleichen Abständen entspricht, gleichgültig, ob dieser grösser oder kleiner ist, als der Abstand des dritten vom vierten Loch. Innerhalb einer Periode sind also die Zeiten der Impulsfolgen bei diesem Versuch gegeben durch das Schema  $t, t, t'$ , wo  $t' \leq t$  ist; die ganze Periode ist  $2t + t'$ . Auch hier sollen also wie bei den Pfaundler'schen Tönen gleiche Impulsfolgen im Ohr einen Ton ergeben. Nach der Resonanztheorie des Hörens wäre nur der der ganzen Periode  $2t + t'$  entsprechende Grundton sowie seine harmonischen Obertöne zu hören. Nur wenn zufällig die Periode  $2t + t'$  ein ganzzahliges Vielfaches von  $t$  ist, würde der Ton  $t$  als Partialton des Klanges gehört werden.

G. S. Ohm <sup>2)</sup> bemerkt zu diesen Versuchen Seebecks, die seiner Theorie widersprechen, folgendes: Es kann sich hier der Ton  $t$  in der Tat nicht „bilden in regelrechter Weise, wenn er nun aber doch gehört wird, so würde sich dadurch sein Heraustreten aus der Regel laut genug ankündigen. Ein solches Heraustreten aus der Regel fände aber statt, wenn jede Gruppe der gleich weit auseinander liegenden Eindrücke für sich einen Ton zu liefern im Stande wäre, sodass das Ohr diese einzelnen, nicht unter sich zu einem Ton streng verbundenen Töne von einerlei Höhe in sich aufnähme, etwa so wie wenn ein und derselbe Ton von zwei Instrumenten zugleich in unser Ohr gelangt, so zwar, dass immer das eine

1) A. Seebeck, Pogg. Ann., 53, S. 417, 1841.

2) G. S. Ohm, Pogg. Ann., 59, 497, 1845.

ihn gibt unmittelbar vor oder nach dem Aufhören des anderen.“

Diese Versuche Seebecks habe ich an vier Lochscheiben I, II, III, IV wiederholt; auf jeder befanden sich acht Perioden und zwar war bei zwei Scheiben  $t > t'$ , bei den beiden anderen  $t < t'$ . Die Periode betrug bei allen Scheiben 60 mm. Ferner war bei

Scheibe I:  $t = 25$  mm,  $t' = 10$  mm,

„ II: „ 22 „ „ 16,6 „

„ III: „ 13,2 „ „ 33,6 „

„ IV: „ 11,2 „ „ 37,6 „

Es ergab sich nun, dass entsprechend der Resonanztheorie des Hörens bei allen vier Scheiben bei jeder beliebigen Drehgeschwindigkeit stets nur der der Periode entsprechende Grundton und seine harmonischen Obertöne gehört wurden. Und zwar wurden diese Töne mit blossem Ohr gehört, liessen sich jedoch durch Resonatoren verstärken, waren also objektiv im Klang enthalten. Besonders stark wurde derjenige Partialton gehört, für den sich das Ohr gerade im Knotenpunkt der durch Reflexion an der Zimmerwand sich ausbildenden stehenden Welle befand.

Dagegen wurde niemals der Ton  $t$  gehört, der hier zu dem Grundton hätte unharmonisch sein müssen. Bei Scheibe I hätte der Ton  $t$  zu dem Grundton  $2t + t'$  das Intervall  $60:25 = 2,4$  haben müssen, was etwa dem Intervall  $dis_2 : c_1$  entspricht. Entsprechend wären diese Intervalle bei den Scheiben II, III, IV gewesen:  $60:22,2 = 2,70:1 \cong f_2 : c_1$   
 bzw.  $60:13,2 = 4,54:1 \cong d_3 : c_1$   
 bzw.  $60:11,2 = 5,30:1 \cong f_3 : c_1$ .

Von diesen unharmonisch zum Grundton gelegenen Tönen wurde wieder trotz grösster darauf gerichteter Aufmerksamkeit keine Spur vernommen, weder mit blossem Ohr noch mit Resonatoren. Derartige subjektive Tonerscheinungen existieren also nicht.

Weitere Einzelheiten sollen an anderer Stelle berichtet werden.

Hierauf hielt Herr F. A. Schulze den Vortrag:

**Ueber den Nachweis von Schwingungen oberhalb der Hörgrenze an dem Monochord zur Bestimmung der oberen Hörgrenze.**

Vor längerer Zeit habe ich<sup>1)</sup> einen einfachen, handlichen dabei genauen Apparat zur Bestimmung der oberen Hörgrenze angegeben, der auch in das diagnostische Instrumentarium der Ohrenärzte Eingang gefunden hat. Er besteht aus einer ca. 40 cm langen gespannten Saite aus Klaviersaitenstahldraht, die an beiden Enden mit Klemmschrauben befestigt ist, welche auf einem Grundbrett stehen. Zwischen diesen Endklemmen befindet sich noch eine dritte Klemmschraube, die auf dem Grundbrett verschiebbar ist, und mit der die Saite an beliebiger Stelle zwischen den beiden Endklemmen festgeklemmt werden kann, sodass auf der Saite beliebige Längen abgrenzbar sind. Dieses abgegrenzte Stück wird mit einem mit gepulvertem Kolophonium bestrichenen Lämpchen oder, zur Vermeidung des Reibegeräusches, besser

---

1) F. A. Schulze, diese Sitz.-Ber. 1907, p. 175; Ann. d. Phys. 24, 785, 1907; Zeitschrift f. Ohrenheilk. 56, p. 167, 1908; Beiträge zur Physiol., Anatomie und Therapie des Ohres, der Nase und des Kehlköpfes 1, p. 134, 1908.

mit einem mit Aether getränkten Wattebausch, zu seiner Longitudinalschwingung angeregt. Ihre Schwingungszahl ist, wenn  $l$  die Länge der Saite in  $m$ ,  $u$  die Schallgeschwindigkeit in dem Material in  $\frac{m}{sec}$  ist, gegeben durch

$n = \frac{u}{2l}$  Doppelschwingungen in der Sekunde. Für Stahl

ist  $u$  etwa  $5000 \frac{m}{sec}$ , sodass man, im Gegensatz zu der Transversalschwingung, auch für nicht so sehr kurze Längen schon ausserordentlich hohe Töne erhält; z. B. für  $l = 0,125$  m einen Ton von etwa 20000 Doppelschwingungen, der für viele Menschen schon weit über der Hörgrenze liegt. Man eicht den Apparat bei einer grösseren Saitenlänge an einem tieferen leicht kontrollierbaren Ton; die Schwingungszahl ist umgekehrt proportional der Länge. Zur Bestimmung der oberen Hörgrenze verkürzt man einfach mit der verschiebbaren Klemme das abgegrenzte Saitenstück solange, bis man eben den Ton nicht mehr hört. Auf diese Weise wurde die obere Hörgrenze zu etwa 18000 Doppelschwingungen ermittelt. Sie nimmt mit steigendem Lebensalter merklich ab.

Gegen diesen Apparat konnte nun der Einwand erhoben werden, dass möglicherweise an jener Grenzlänge, von der an ein Ton nicht mehr gehört wird, die Longitudinalschwingung überhaupt nicht mehr entsteht, womit natürlich die Bestimmung der oberen Hörgrenze ganz illusorisch sein würde.

Indirekte Beweise für das Vorhandensein intensiver Schwingungen auch bei Längen, die über der Hörgrenze liegenden Schwingungen entsprechen, lassen sich nun mehrfach angeben. Einmal findet man mit einem bestimmten Draht die Hörgrenze bei derselben Schwingungszahl, wie sie sich auch mit anderen Apparaten, etwa der Galtonpfeife, ergibt. Ferner findet sie sich auch bei Saiten aus verschiedenem Material stets bei derselben Schwingungszahl,

trotzdem diese ganz verschiedenen Saitenlängen entspricht, z. B. bei Stahl etwa einer Saitenlänge von etwa 16 cm, bei Messing von etwa 10 cm Länge. Einem Zufall ist dies natürlich nicht zuzuschreiben.

Immerhin sind jedoch direkte Beweise sehr wünschenswert.

Ein solcher ist zunächst in der Einwirkung auf die sensible Flamme gegeben. Jedoch ist diese nicht ohne weiteres beweisend, da die sensible Flamme auch auf das Reibegeräusch reagiert, und es bedarf erst eingehender Untersuchung, um die Sicherheit zu gewinnen, dass sie tatsächlich die auch oberhalb der Hörgrenze auftretenden Schwingungen anzeigt.

Ein wesentlich sichereres und dabei einfacheres Mittel zum Nachweis des Vorhandenseins der Longitudinalschwingungen auch oberhalb der oberen Hörgrenze ist in dem gleichzeitigen Auftreten der Transversalschwingung von gleicher oder nahezu gleicher Schwingungszahl neben der Longitudinalschwingung gegeben.

Bereits F. Savart<sup>1)</sup> hat an Stäben grösserer Länge durch aufgestreuten Sand, der sich an den Knotenlinien sammelt, dieses bei Erzeugung der Longitudinalschwingung stets mitfolgende Auftreten der entsprechenden Transversalschwingung gezeigt. Es werden dabei jedoch in eigentümlicher Weise nur die Hälfte aller Knotenlinien, etwa alle geraden, aufgezeichnet. Die Erklärung dieser Erscheinung ist von A. Seebeck<sup>2)</sup> gegeben; sie gründet sich auf einfache Ueberlegungen über die Bewegung, welche die Sandteilchen beim gleichzeitigen Bestehen der Longitudinal- und der Transversalschwingung ausführen.

Nimmt man zur Bestimmung der oberen Hörgrenze also anstatt der Saite ein gespanntes Metallband, am besten ein

1) F. Savart, *Annales de chimie et de physique* 65, 337, 1837; *Doves Repert.*, Bd. 6, p. 60.

2) A. Seebeck, *Doves Repert.*, 8, 53, 1849.

dünnes Stahlband, für welches ja im übrigen in Bezug auf die Longitudinalschwingung dieselben Gesetze wie bei Saiten gelten, so kann man durch aufgestreuten Sand, der sich an abwechselnden Knotenlinien der Transversalschwingung sammelt, in einfachster Weise das Vorhandensein der Longitudinalschwingung, und zwar in grosser Intensität, auch noch bei Längen des Bandes nachweisen, deren Longitudinaltöne weit über der oberen Hörgrenze liegen. Es gelang so mit Leichtigkeit das Bestehen der Longitudinalschwingung noch bei einer Länge von ca. 6 cm nachzuweisen, was einer Schwingungszahl von etwa 42 500 Doppelschwingungen entspricht. Der Sand sammelt sich dabei in überraschender Schärfe an den Knotenlinien an. Kommt es also auf den Nachweis des Vorhandenseins der Longitudinalschwingungen an, so empfiehlt es sich, an dem Monochord zur Bestimmung der oberen Hörgrenze ein Stahlband an Stelle der Stahlsaiten zu nehmen.

Nach demselben Prinzip lässt sich jedoch auch bei einer Saite die Existenz der Longitudinalschwingung nachweisen, indem man den Sand durch kleine Papierreiterchen ersetzt. Diese rutschen auf der Saite bei Erregung der Longitudinalschwingung hin und her und bleiben schliesslich an den Stellen abwechselnder Knoten wie der Sand in Ruhe. Sind sie zufällig an Orte eines solchen aufgesetzt, so bleiben sie natürlich bei Längsreiben der Saite fast ganz in Ruhe und bewegen sich erst wieder nach dieser Stelle hin, wenn man sie etwas von ihr entfernt aufsetzt.

Man kann auf diese Weise den Ort aller abwechselnden Knoten aufsuchen. Auch bei der Saite konnte ich so das Vorhandensein der Longitudinalschwingung bis herunter zu ca. 6 cm Länge ( $\cong$  42 500 Doppelschwingungen) nachweisen.

Namentlich bei sehr kurzen Längen von Band oder Saite stört es hierbei, dass man ja etwas Platz auf ihnen zum Anreiben braucht, also dort die Knoten nicht beobachten kann. Man kann sich hierbei jedoch so helfen, dass man durch einen zweiten verschiebbaren Steg auf der Saite oder dem

Band neben dem Versuchsstück ein Stück von gleicher Länge abgrenzt. Erregt man das eine Stück zur Longitudinalschwingung, so kommt durch Resonanz auch das andere Stück in Mitschwingung, sodass man dann die Schwingung durch Sand oder Reiterchen auf diesem ungestört auf der ganzen Länge feststellen kann.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass man so nicht nur qualitativ das Bestehen der Schwingungen nachweisen, sondern auch quantitativ die Schwingungszahl messen bzw. prüfen kann, indem man die Formeln über die Schwingungszahl der Transversalschwingungen von gespannten Saiten oder Bändern benutzt, unter Berücksichtigung der Ordnungszahl des Partialtones der Transversalschwingung und des Abstandes der Knoten voneinander. Da es sich hier, namentlich bei den hohen Schwingungszahlen, um relativ kleine Knotenabstände handelt, so kommt hier der Einfluss der Eigenelastizität, der Steifigkeit, mit in Betracht.

Hierüber soll an anderer Stelle ausführlich berichtet werden.

---

Sodann sprach Herr A. Thiel (aus dem Felde beurlaubt) über

### **Das Wesen des neuen Brennstoffelements von K. A. Hofmann und K. Ritter.**

Es wurde dargetan, dass diese Art von galvanischen Elementen insofern etwas grundsätzlich Neues darstellt, als die stromliefernde Reaktion nur einseitig rein elektrochemisch, auf der anderen Seite rein chemisch ist. Wir haben hier den neuen Typus der „halbelektrochemischen galvanischen Ketten“ vor uns. Die Wirkungsweise der genannten Kette, der Hypochlorit-Kohle-Kette, lässt sich, wenn man den Anschluss an die bisher bekannten Elementtypen herstellen will, so auffassen, dass wir es hier mit einer auf der Kohleseite stark depolarisierten Sauerstoff-Konzentrationskette zu tun haben.

Was die praktisch-technische Seite angeht, so besteht kein Zweifel an dem ursächlichen Zusammenhange zwischen der elektromotorischen Kraft des neuen Brennstoffelements und der freien Energie der Oxydation des Brennstoffs durch den Hypochlorit-Sauerstoff. Andererseits ist eine Lösung des alten Problems der galvanischen Ausnutzung der Kohleverbrennung durch Luftsauerstoff auf dieser Grundlage noch nicht zu erwarten, und zwar wird noch viel mehr als die Reaktionsträgheit der gewöhnlichen Brennstoffe hinderlich sein die relative elektrochemische Trägheit des molekularen (Luft-)Sauerstoffs.

---

Zum Schluss machte Herr F. Richarz eine kurze Bemerkung zur Verteidigung von Herrn W. Schlett's Doktorarbeit **über die spezifische Wärme einiger Metalle in verschiedenen Bearbeitungszuständen.**

Wie ich gelegentlich in dieser Gesellschaft bereits erwähnte<sup>1)</sup>, hat Herr Wilh. Schlett in seiner Inauguraldisertation eine interessante Gesetzmässigkeit für die Abhängigkeit der spezifischen Wärme ein und desselben Metalls in verschiedenen Bearbeitungszuständen nachgewiesen. Diese Untersuchung hatte ich Herrn W. Schlett vorgeschlagen in Anknüpfung an eine von mir aufgestellte und von Herrn A. Wigand bestätigte Regel, dass bei allotropen Modifikationen eines Elementes die Modifikation mit dem höheren spezifischen Gewichte die kleinere spezifische Wärme habe. Die Erklärung für diese Regel fand ich darin, dass die Bildung komplexer Molekeln gleichzeitig die Dichtigkeit erhöht und die spezifische Wärme vermindert, letzteres wegen der Verminderung der molekularen Freiheit für die Wärmebewegung. Durch verschiedene Bearbeitung: Giessen, Hämmern, Walzen, Ausziehen, Glühen gelangt nun ein Metall in verschiedene Zustände, die den allotropen Modifikationen in vieler Beziehung ganz analog sind, z. B. auch unter Wärmeentwicklung ineinander übergehen. Diese Analogie liess mich Herrn

---

1) F. Richarz, diese Sitz.-Ber., 8. Mai 1912, S. 42.

W. Schlett veranlassen, zu untersuchen, ob auch zwischen spezifischem Gewichte und spezifischer Wärme verschiedener Bearbeitungszustände ein solcher Antiparallelismus bestehe wie bei allotropen Modifikationen. Dies fand sich für die untersuchten Metalle Platin und Nickel in der Tat bestätigt<sup>1)</sup>. Selbstverständlich bestimmte Herr W. Schlett mit möglichster Sorgfalt die spezifischen Gewichte auf direktem Wege. Unzuverlässig wäre gewesen, wenn er die spezifischen Gewichte aus gemessenen Querschnittsänderungen der Drähte beim Ziehen oder Ausglühen berechnet hätte. Das hat W. Schlett nicht getan. Diese indirekte Schlussweise aber wendeten die Herren C. Chappell und M. Levin an<sup>2)</sup> und leiteten aus ihren Schlüssen Einwände ab gegen die Resultate von Herrn W. Schlett. Hiergegen hat Herr W. Schlett sich mit Recht verteidigt und zwar sagt er<sup>3)</sup>:

„Auch lässt sich nach meinen Beobachtungen bei Platin und Nickel aus der Reduktion des Querschnitts von Drähten beim Kaltziehen und selbst beim Ausglühen kein sicherer Schluss ziehen auf die Grösse und Richtung der Dichteänderung, sodass die in jener Arbeit von Chappell und Levin angegebenen Gesichtspunkte für die Dichtigkeit der Proben nicht genügen, um einen Vergleich zwischen spezifischer Wärme und Dichtigkeit durchzuführen“.

In einem zweiten Angriff gegen Herrn W. Schlett zitieren die Herren Chappell und Levin den vorstehenden Satz des Herrn W. Schlett ohne die vorstehend gesperrt gedruckten Worte und fahren dann fort<sup>4)</sup> mit der Schlussbemerkung:

„Der Kritik, die Herr Schlett hiermit an seiner eigenen Arbeit übt, zu widersprechen, liegt für uns keine Veranlassung vor“.

---

1) W. Schlett, Inaug.-Diss. Marburg 1907; Ann. Phys. 26, p. 201, 1908.

2) C. Chappell und M. Levin, Ferrum X., S. 271, 1913.

3) W. Schlett, Ferrum XI., S. 151, 1914.

4) C. Chappell und M. Levin, Ferrum XI., S. 180, 1914.

Gegen das soeben wiedergegebene Verfahren von Chappell und Levin hatte Herr W. Schlett unmittelbar vor Ausbruch des Krieges eine Klarlegung an die Schriftleitung des „Ferrum“ eingesandt. Diese wurde aber nicht aufgenommen. Als dann Herr W. Schlett, der als Freiwilliger bei Kriegsausbruch eingetreten war, schwer verwundet wieder nach Deutschland zurückkehrte, erklärte die Schriftleitung<sup>1)</sup>, der Irrtum von Chappell und Levin sei dadurch entstanden, dass die Schriftleitung letzteren behufs schnellerer Erwiderng Fahnenabzüge der Schlett'schen Verteidigung zugestellt habe, in denen jene Worte gefehlt hätten. Nebenbei bemerkt: an Herrn W. Schlett hatte die Schriftleitung keine Fahnenabzüge der Angriffe von Chappell und Levin behufs schnellerer Verteidigung übersandt. Auf jeden Fall aber, wenn Chappell und Levin einen Fahnenabzug von der Schlett'schen Verteidigung zunächst ihrem neuen Angriff zu Grunde legten, so hatten sie die Pflicht, vor dem Druck ihres neuen Angriffs den einzig und allein für die Oeffentlichkeit massgebenden Reindruck der Schlett'schen Verteidigung sich anzusehen, welche Pflicht sie verabsäumt haben. Uebrigens war es ganz ungemein schwer, sogar bei Fehlen der Worte im Fahnenabzug, dass Chappell und Levin jenes Missverständnis begingen, aus welchem sie ihre Schlussbemerkung herleiten wollen.

Nachdem Herr W. Schlett in seiner ersten Verteidigung den Angriff von Chappell und Levin (denn diese waren die Angreifenden, nicht Herr W. Schlett, wie man gesagt hat) sachlich widerlegt hat, ist bei ihrem zweiten Angriff jenen Herren der vorstehend dargelegte Irrtum unterlaufen. Hiermit dürfte auch diese Offensive wohl erledigt sein.

---

1) Ferrum XII., S. 129, 1915.

