

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten
Naturwissenschaften

zu

Marburg



Jahrgang 1917

25563

Marburg

Kommissionsverlag der N. G. Elwert'schen Buchhandlung (G. Braun)
1918.

Z. XI.

Sitzungsberichte

der

**Gesellschaft zur Beförderung der gesamten
Naturwissenschaften**

zu

Marburg

Jahrgang 1917

Marburg

Kommissionsverlag der N. G. Elwert'schen Buchhandlung (G. Braun)
1918.

Inhalt.

	Seite
Herr <i>E. Jaensch</i> : Über die Wahrnehmung von Helligkeiten und das Gesetz des Helligkeitskontrastes von Heß und Pretori (nach Versuchen von E. A. Müller)	1
Derselbe: Die Frage der Gleichförmigkeit des Geschehens auf psychologischem und physiologischem Gebiete	7
Herr <i>F. Richarz</i> : Über die Farbe des Mondes, Farbenercheinungen an Wasserfällen und an Wolken	11
„ <i>A. Wegener</i> : berichtet über den Inhalt seiner demnächst in den Schriften der Gesellschaft erscheinenden Schrift über das Meteor vom 3. 4. 1916 (inzwischen erschienen als 1. Heft des 14. Bandes der Schriften der Gesellschaft)	16
„ <i>F. Richarz</i> : berichtet über die Auffindung des Meteors. (Eine ausführliche Mitteilung erscheint demnächst im 2. Heft des 14. Bandes der Schriften der Gesellschaft)	16
„ <i>E. Kayser</i> : berichtet über die allgemeinen Eigenschaften der Meteore	16
„ <i>F. Richarz</i> : Nachträgliche Bemerkungen zu seinem früheren Vortrage über die Schwäche des senkrecht reflektierten Lichtes und damit zusammenhängende Erscheinungen, z. B. die Sichtbarkeit der U-Boote von Luftfahrzeugen aus	17
„ <i>F. Jentzsch</i> : Die Einblicktiefe in natürliche Wasseroberflächen und die Sichtbarkeit von Unterseebooten	23
„ <i>Wetzel</i> : Versuche zur Theorie der histologischen Fixierung	33
„ <i>F. König</i> : Über Anbau und Umbau des Knochens durch funktionelle Anpassung	35
„ <i>W. Berblinger</i> : Untersuchungen über Regenerationsvorgänge am schußverletzten Nerven	46
„ <i>E. Jaensch</i> : Die experimentelle Analyse der Anschauungsbilder als Hilfsmittel zur Untersuchung der Wahrnehmungs- und Denkvorgänge (nach Untersuchungen der Herren Herwig, Kroh, Reich und des Vortragenden)	55
„ <i>G. Magnus</i> : Verbrennungen durch das Geschoß	70
„ <i>F. A. Schulze</i> : Über den Schalldruck	75
Derselbe: Über den Einfluß der Steifigkeit auf die Schwingungszahl von Transversalschwingungen von Saiten	79
Wahlen	14, 16, 32, 72

Verzeichnis der Mitglieder^{*)}

(am Schluß des Jahres 1917).

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>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>v. Bergmann, Gustav</i> , Dr. med., o. Prof. d. inn. Medizin	10.	5.	17.
<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, Geh. Med.-Rat	9.	3.	04.
	(8.	11.	99)
<i>Feussner, Wilhelm</i> , Dr. phil., ord. Hon.-Prof. der theor. Physik, Geh. Reg.-Rat	14.	7.	81.
	(10.	6.	69)
<i>Fries, Carl</i> , Dr. phil. a. o. Prof. der Chemie	10.	3.	15.
	(9.	3.	04)
<i>Gasser, Emil</i> , Dr. med., o. Prof. d. Anatomie, Geh. Med.-Rat	27.	1.	88.
	(16.	7.	74)

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

VI

<i>Gürber, August</i> , Dr. med. et phil., o. Prof. d. Pharmakologie	28.	6.	11.
	(9.	12.	08)
<i>Hensel, Kurt</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik, Geh. Reg.-Rat	10.	12.	02.
<i>Hildebrand, Heinrich</i> , o. Hon.-Prof. d. gerichtl. Medizin, Geh. Med.-Rat	12.	5.	15.
	(14.	12.	04)
<i>Hofmann, Franz</i> , o. Prof. der Physiologie, Geh. Med.-Rat	21.	6.	16.
<i>Juensch, Erich</i> , Dr. phil., o. Prof. der Philosophie . . .	10.	3.	15.
	(11.	6.	13)
<i>Jores, Leonhard</i> , Dr. med., o. Prof., Direktor des pathol. Instituts, Geh. Med.-Rat	9.	7.	13.
<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>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., ord. Hon.-Prof. der Otologie, Geh. Med.-Rat	13.	11.	95.
<i>Richarz, Franz</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Physik, Geh. Reg.-Rat	15.	5.	01.
<i>Schmidt, Ernst</i> , Dr. phil., o. Prof. der pharm. Chemie, Geh. Reg.-Rat	11.	3.	85.
<i>Schulze, Franz Arthur</i> , Dr. phil., Prof., Priv.-Doz. d. Physik	5.	8.	08.
	(31.	7.	01)
<i>Schultze Jena, Leonhard</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Geographie	7.	5.	13.
<i>Thiel, Alfred</i> , Dr. phil., a. o. Prof. der physik. Chemie . .	8.	5.	12.
	(10.	5.	11)
<i>Tuczek, Franz</i> , Dr. med., o. Prof. der Psychiatrie, Geh. Med.-Rat	15.	5.	95.
	(14.	3.	90)
<i>Wedekind, Rudolf</i> , Dr. phil., ord. Prof. der Geologie und Palaeontologie	12.	12.	17.

VII

<i>Wegener, Alfred</i> , Prof., 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> , Prof., 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. Dabwigk, 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>Frey, Ernst</i> , Dr. med., Prof., Privatdozent	30.	7.	13.
<i>Grüter, Wilhelm</i> , Dr. med., Prof., Privatdozent, Assistent an der Augenklinik	28.	6.	11.
<i>Hagemann, Richard</i> , Dr. med., Prof., Privatdozent	13.	5.	14.
<i>Harms, Wilhelm</i> , Dr. phil., Prof., Privatdozent der Zoologie	7.	6.	10.
<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>Körner, Theodor</i> , Dr. phil., Chemiker	21.	3.	17.
<i>Kreckwitz</i> , Dr. med., Assistent an der medicin. Poliklinik	24.	6.	14.
<i>Löning, Fritz</i> , Dr. med., Privatdozent	9.	7.	13.
<i>Nordhausen, Max</i> , Dr. phil., a. o. Prof. der Botanik	12.	5.	12.
<i>Obst, E.</i> , Dr. phil., Prof., Privatdozent für 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.
<i>Rohmer, Paul</i> , Dr. med., Privatdozent	17.	12.	13.

VIII

<i>Schenck, Martin</i> , Dr. med. et phil., Privatdozent, Prof., 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>Strecke, 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., Privatdozent, Prof., I. Prosektor	28. 7. 09.
<i>Wagener, Oskar</i> , Dr. med., a. o. Prof. der Otologie	12. 12. 17.
<i>Weigel, Otto</i> , Dr. phil., a. o. Prof. der Mineralogie	9. 2. 16.
<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>Bencke, 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, Ludolf</i> , Dr. med., o. Prof., Direktor d. med. Klinik in Hamburg-Eppendorf	(14. 12. 04)
<i>Braun, Ferdinand</i> , Dr. phil., o. Prof. der Physik, Straßburg	(8. 2. 78)
<i>Brauns, Reinhard</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Geh. Berg-Rat, Bonn	(27. 1. 88)

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

IX

<i>Bruns, Oskar</i> , Dr. med., a. o. Prof. der inneren Medizin, Göttingen	(28. 6. 11)
<i>Buchholz, Adolf</i> , Dr. med., Prof., Oberarzt, Hamburg . . .	8. 12. 97.
<i>Busz, Carl</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Münster . .	(19. 6. 95)
<i>Diels, Ludwig</i> , Dr. phil., Kustos am botanischen Museum, a. o. Prof. an der Universität, Berlin-Dahlem	28. 6. 11. (28. 7. 09)
<i>Dietrich, Theodor</i> , Dr. phil., Prof., Geh. Reg.-Rat, Hannover	(15. 1. 96)
<i>Drevermann, Fritz</i> , Dr. phil., Prof., Frankfurt a. M. . . .	(11. 2. 03)
<i>Enderlen, Eugen</i> , Dr. med., o. Prof. d. Chirurgie, Würzburg	12. 2. 97.
<i>Falk, Ferdinand August</i> , Dr. med., a. o. Prof. d. Pharm., Kiel	28. 4. 75.
<i>Fraenkel, Carl</i> , Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Halle . . .	4. 11. 91.
<i>Fuëter, Rudolf</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Mathematik, Zürich	(3. 5. 07)
<i>Gadamer, Johannes</i> , Dr. phil., o. Prof. der pharmazeut. Chemie, Breslau	(9. 3. 98)
<i>Goebel, Carl</i> , Dr. phil., o. Prof. der Botanik, München . . .	27. 1. 88.
<i>Göppert, Ernst</i> , Dr. med., o. Prof. d. Anatomie, Frank- furt a. M.	(4. 12. 12)
<i>Haselhoff, Emil</i> , Dr. phil., Prof., Direktor der landw. Ver- suchsstation, Cassel	(11. 2. 03)
<i>Häcker, Rudolf</i> , Dr. med., Prof., Oberarzt d. chirurg. Klinik, Essen	(7. 6. 10)
<i>Heffter, Arthur</i> , Dr. phil. et med., o. Prof. der Pharma- kologie, Berlin	14. 11. 06.
<i>Heine, Leopold</i> , o. Prof. der Ophthalmologie, Kiel	(18. 1. 99)
<i>Hellinger, Ernst</i> , Dr. phil., a. o. Prof. der Mathematik, Frankfurt a. M.	(12. 1. 10)
<i>Hermann, Theodor</i> , Dr. phil., Hanau	(2. 7. 68)
<i>Herrmann, F.</i> , Dr. phil., Geol. Landesanstalt, Berlin . . .	1. 3. 11.
<i>v. Hess, Carl</i> , Dr. med., o. Prof. d. Ophthalmol., München	11. 11. 96.
<i>Hess, Otto</i> , Dr. med., Prof., Oberarzt, Posen	(25. 6. 02)
<i>*Heusler, Fritz</i> , Dr. phil., Hüttendirektor, Dillenburg . .	8. 2. 05.
<i>Hohmeier, Friedrich</i> , Dr. med., Prof., Oberarzt am städt. Krankenhaus, Coblenz	(24. 6. 14)
<i>Hürter, Jakob</i> , Dr. med., Prof., Oberarzt am städt. Kran- kenhaus, Mainz	17. 12. 13)
<i>Jung, Heinrich</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik, Kiel . .	(13. 12. 05)
<i>Kayser, Emanucl</i> , Dr. phil., o. Prof. em. der Geologie, Geh. Reg.-Rat, München	13. 1. 86.
<i>Kossel, Albrecht</i> , Dr. med., o. Prof. d. Physiol., Geh. Rat, Heidelberg	15. 5. 95.

X

<i>Krauß, Wilhelm</i> , Dr. med., Prof. der Augenheilkunde an der medicin. Akademie, Düsseldorf	(10. 7. 07)
<i>v. Krehl, Ludolf</i> , Dr. med., o. Prof. der inneren Medizin, Heidelberg	8. 11. 99.
<i>Küster, Ernst</i> , Dr. med, o. Prof. der Chirurgie, Geh. Med., Rat, Berlin	4. 11. 91.
<i>Küttner, Hermann</i> , Dr. med., o. Prof. der Chiurg., Breslau	(8. 2. 05)
<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>Matthes, Max</i> , Dr. med., o. Prof. der inneren Medizin, Geh. Med.-Rat, Königsberg	28. 6. 11.
<i>Meisenheimer, Johannes</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Zool., Leipzig	5. 8. 08.
	(16. 2. 98)
<i>Meyer, Hans</i> , Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Wien	11. 3. 85.
<i>Misch, Georg</i> , Dr. phil., o. Prof. der Philosophie, Göttingen	(30. 7. 13)
<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>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>Säuerbrüch, Ferd.</i> , Dr. med., o. Prof. der Chirurgie, Zürich	(7. 6. 10)

XI

<i>Schaum, Carl</i> , Dr. phil., o. Prof. d. phys. Chemie, Gießen	13. 12. 05. (11. 8. 97)
<i>Schenck, Rudolf</i> , Dr. phil., o. Prof. der Chemie, Geh. Reg.- Rat, Münster	(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>Schottky, Friedrich</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik, Geh. Reg.-Rat, Berlin	15. 5. 95.
<i>Schridde, Hermann</i> , Dr. med., Prof., Direktor der pathol. Anatomie, Dortmund	(13. 12. 05)
<i>Schwenkenbecher, Alfred</i> , Dr. med., Prof., Direktor der med. Klinik, Frankfurt a. M.	(13. 5. 08)
<i>Seddig, Max</i> , Dr. phil., 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 1917 verloren:

von den Ehrenmitgliedern:

<i>Graf Zeppelin</i> , Dr. ing., Exzellenz, Friedrichshafen	5. 8. 08.
---	-----------

XII

von den ordentlichen Mitgliedern:

<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, Exzellenz	15.	5.	95

von den auswärtigen Mitgliedern:

<i>Brauer, August</i> , Dr. phil., Prof., Direktor des Museums für Naturkunde, Berlin	17.	5.	99.
		(17.	6. 96).
<i>Küster, Fr. Wilh.</i> , Dr. phil., o. Prof., Gutsbes., Müncheberg bei Berlin	(26.	7.	93)

Der Vorstand.

<i>F. Richarz</i> , Vorsitzender.	<i>A. Thiel</i> , ständiger Schriftführer.
<i>A. Lohmann</i> , Kassenführer.	

Kriegsvertreter des Schriftführers und des Kassenführers:

F. A. Schulze.

Engerer Ausschuß.

<i>E. Korschelt</i> , stellvertr. Vorsitzender.	<i>E. Schmidt.</i> <i>F. Tuczek.</i>
---	--------------------------------------

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

Nr 1

Januar

1917

In der Sitzung vom 10. Januar 1917 hielt zunächst Herr
E. Jaensch folgenden Vortrag:

Ueber die Wahrnehmung von Helligkeiten und das Gesetz des Helligkeitskontrastes von Heß und Pretori

(nach Versuchen von E. A. Müller).

Vortragender setzt seine optischen Mitteilungen fort (vgl.
20. XI. 1913) und berichtet über Untersuchungen, welche
E. A. Müller dem Zusammenhang zwischen Farbenkonstanz
und Helligkeitskontrast gewidmet hat.

Benützte Versuchsanordnungen:

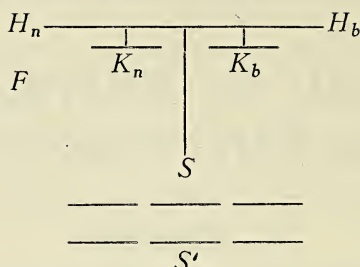
a) für Kontrast:

I) Methode nach Heß und Pretori (Anordnung I).

II) Loch-Methode (Anordnung II): zwei Umfelder
von verschiedener Helligkeit; die Infelder sind
gebildet durch ausgestanzte Löcher, hinter denen
je ein Farbenkreisel steht.

b) für Farbenkonstanz („Transformationsfarben“): Be-
schattungsanordnung (Anordnung III):

Seitlich vom Fenster F , vor dem Hintergrund H ein
normal beleuchteter und ein vom Schirm S beschatteter
Farbenkreisel, K_n bzw. K_b ; S' ein Schirm, der von



K_n und K_b nur einen kleinen Ausschnitt erkennen läßt und zur Einstellung auf objektiv gleiche Helligkeit beider Kreisel dient. Bei freiem Ueberblick über die Beleuchtungsverhältnisse, z. B. bei Betrachtung über S' hinweg, erscheint nach objektiver Gleichheitseinstellung der beschattete Kreisel K_b heller („Transformation“). Die Transformation ist nicht zurückführbar auf die physiologischen Anpassungsvorgänge Pupillenspiel, Simultankontrast, Daueradaptation; denn K_b erscheint auch dann heller, wenn die Hintergründe H so gewählt werden, daß H_b trotz der Beschattung objektiv heller ist als H_n , die Anpassungsvorgänge also umgekehrt dahin wirken müßten, daß K_n heller erschiene als K_b . — Beim Kontrast (Anordnung I und II) heißen die kontrastleidenden Felder „Infelder“, die kontrasterregenden Felder „Umfelder“, bei den Transformationserscheinungen (Anordnung III), die Kreiselscheiben „Infelder“, die Räume, worin sie stehen, „(hell-, dunkel- etc.) beleuchtete Räume“. Obwohl die Transformation nicht auf Kontrast zurückführbar ist, gilt dann folgender Satz: Gesetze des Kontrastes gehen über in Gesetze der Transformationserscheinungen, wenn man in den Kontrastgesetzen den Terminus „Umfeld“ ersetzt durch den Terminus „beleuchteter Raum“. — Sätze, die in dieser Weise zusammenhängen, sollen Parallelgesetze heißen. Die subjektive Helligkeitsänderung heiße bei Kontrast und Transformation mit übergreifendem

Ausdruck „Beeinflussung“. Die „Beeinflussung“ wird gemessen durch den Quotienten der Weißvalenzen gleich hell erscheinender Infelder.

Die Versuche E. A. Müllers führen u. a. zu folgenden Parallelgesetzen:

1. Parallelgesetz über die Beeinflussung bei steigender Weißvalenz (Anordnung II und III): Die Beeinflussung wächst proportional der Weißvalenz der Infelder.

a) Erklärung von Abweichungen: die Kurve der Beeinflussung kann statt des geradlinigen einen staffelförmig ansteigenden Verlauf zeigen, z. B. bei größerem Abstand der Infelder voneinander. Ein Vergleich ist hier nur dadurch möglich, daß die Vp. der festen Scheibe eine sprachliche Charakterisierung („mittelgrau“ u. s. w.) erteilt und die variable im Sinne dieser eingepprägten Charakterisierung einstellt, wodurch der lineare Verlauf in den staffelförmigen übergeht. Hieraus erhellt die Bedeutung von Herings Anweisung, alles den Vergleich Erschwerende bei Kontrastversuchen zu vermeiden.

b) Gültigkeitsgrenzen: Das Parallelgesetz gilt nur unter der Voraussetzung, daß der Fall der Helligkeitsgleichheit zwischen Infeld und Umfeld bzw. zwischen Scheibe und Hintergrund ausgeschlossen bleibt. Der Fall genauer Gleichheit heißt „Indifferenzpunkt“. Die ihm nahe kommenden Fälle bilden das „Indifferenzgebiet“.

2. Parallelgesetz über die Beeinflussung im Indifferenzgebiet (Anordnung II und III): Im Indifferenzgebiet übersteigt die Beeinflussung die Proportionalität zur Weißvalenz, und zwar in wachsendem Maße mit der Annäherung an den Indifferenzpunkt. Das Maximum der Beeinflussung liegt an der Stelle des Indifferenzpunktes.

a) Erklärung: Bei den Transformationserscheinungen wächst die Beeinflussung, „jemehr man sich anstrengt, in den Schatten einzudringen“. Im Indifferenzgebiet ist dieses Verhalten in besonders hohem Maße gefordert; darum hier Zunahme der Beeinflussung und Höchstwert derselben im Indifferenzpunkt. Das Entsprechende für den Kontrast ergibt sich aus der später zu erörternden Abhängigkeit der Kontrastphänomene von den Transformationserscheinungen.

3. Parallelgesetz über Invarianz der Gleichungen (Anordnung II und III): Gleichungen bleiben bei proportionaler Aenderung aller Valenzen innerhalb weiter Grenzen ungeändert (z. B. bei Aenderung der Gesamtbeleuchtung).

4. Das erweiterte Kontrastgesetz von Heß und Pretori als Hälfte eines Parallelgesetzes (Anordnung I und III):

a) Versuch von Heß-Pretori (Anordnung I): Gegeben zwei Infelder in verschiedenem Umfeld; die Infelder werden auf scheinbar gleiche Helligkeit eingestellt, das eine Infeld wird abgeändert, hierauf auch das zugehörige Umfeld, letzteres soweit, bis infolge der Kontrastwirkung wieder scheinbare Gleichheit der Infelder auftritt. Trägt man die Helligkeiten des Infeldes als Abszissen, die des Umfeldes als Ordinaten auf und verbindet man die Schnittpunkte, so entstehen Gerade von verschiedener Höhenlage und Richtung. Somit gilt: Soll die Helligkeit des Infeldes trotz objektiver Aenderungen scheinbar konstant bleiben, so müssen die Helligkeitszuwüchse von Infeld und Umfeld in einem konstanten Verhältnis bleiben (Arch. f. Ophth. 40). Ueber die Größe des mit den Ausgangswerten von Infeld und Umfeld wechselnden konstanten Proportionalitätsfaktors (sog. „Kontrastkoeffizienten“) macht das Gesetz keine Aussage.

b) Erweiterung des Gesetzes von Heß und Pretori. Schon den Versuchen von Heß-Pretori läßt sich der Hinweis auf eine weitere, bisher nicht bemerkte Gesetzmäßigkeit entnehmen. Verlängert man nämlich die Geraden der Tabelle, so ergibt sich: Die Verlängerungen der Geraden von Heß-Pretori gehen durch einen Punkt; die Geraden bilden ein Strahlenbüschel.

Im Sinne der Fragestellung nach dem Schnittpunkt stellt die Tabelle von Heß-Pretori allerdings nur einen Versuch dar, der somit mehrfacher Wiederholung bedarf. Die Anstellung mehrerer Reihen an verschiedenen Vpn. ergab, daß die Geraden in der Tat durch einen links unten vom Koordinatenanfang gelegenen Punkt gehen, daß aber bei einzelnen Versuchspersonen auch zwei Schnittpunkte auftreten können.

Die graphische Darstellung des erweiterten Gesetzes von Heß-Pretori ergibt also, wenn der Koordinatenanfangspunkt in den Schnittpunkt der Geraden verlegt wird, ein Strahlenbüschel mit der Gleichung:

$$y - \lambda x = 0$$

und der variable Parameter λ ist identisch mit dem sogen.

Kontrastkoeffizienten k . Für λ gilt: $\lambda = \frac{y}{x}$. Die Formel

$y - \lambda x = 0$ ist das erweiterte Gesetz von Heß und Pretori; sie drückt die Bedingung dafür aus, daß ein Infeld bei Änderungen konstant erscheint. Diese Formel ist, wie nun gezeigt werden soll, Hälfte eines Parallelgesetzes.

c) Mit Anordnung III ergibt sich: Beim gleichzeitigen Vorhandensein nur einer Beleuchtung ist die Berücksichtigung der Beleuchtung, und damit die Farbenkonstanz, eine annähernd totale. — Bei den bisherigen Versuchen wurde die Beschattungsanordnung aus einigem Abstand betrachtet, sodaß zwischen dem Auge und dem beschatteten

Raum hellbeleuchteter Raum liegt. Bei den gegenwärtigen Versuchsreihen wird der Kopf abwechselnd in die beiden Räume selbst hineingebracht, unter Ausschluß von Daueradaptation. Die wichtigsten Fälle von Transformation, die das tägliche Leben bietet, sind von dieser Art, z. B. wenn man sich von der Fensterseite nach dem Hintergrunde des Zimmers begibt oder wenn die Gesamtbeleuchtung wechselt.

d) Drückt man nun diesen Fall nahezu idealer Farbenkonstanz in der Sprache der Valenzen aus, so ergibt sich eine dem erweiterten Kontrastgesetz genau entsprechende Beziehung. Ein Objekt habe bei normaler Beleuchtung die objektive Helligkeit α , bei schwächeren Beleuchtungen die Helligkeiten $\frac{\alpha}{n}$ bzw. $\frac{\alpha}{n'}$ u. s. f. Der Grund, auf dem sich das Objekt befindet, habe bei normaler Beleuchtung die Helligkeit β , bei schwächeren Beleuchtungen demzufolge die Helligkeiten $\frac{\beta}{n}$, $\frac{\beta'}{n'}$ u. s. f. Wird nun das auf seinem Grund liegende Objekt zunächst irgendeiner jener schwächeren, dann der normalen Beleuchtung ausgesetzt, so bleibt im Falle idealer Farbenkonstanz die scheinbare Helligkeit des Objektes unverändert, während die objektiven Helligkeitszuwüchse von Grund und Objekt ($\beta - \frac{\beta}{n}$; $\beta - \frac{\beta}{n'}$. . . bzw. $\alpha - \frac{\alpha}{n}$; $\alpha - \frac{\alpha}{n'}$. . .) in dem konstanten Verhältnis

$$\frac{\beta - \frac{\beta}{n}}{\alpha - \frac{\alpha}{n}} = \frac{\beta - \frac{\beta}{n'}}{\alpha - \frac{\alpha}{n'}} \dots = \frac{\beta}{\alpha} = \mu \text{ bleiben. Diese Beziehung}$$

bei der Transformation ist das genaue Analogon zum ursprünglichen Satze von Heß-Pretori. Der genaue Parallelismus zur Erweiterung dieses Satzes ergibt sich daraus, daß der Proportionalitätsfaktor λ den Wert $\frac{y}{x}$ und

der Proportionalitätsfaktor μ den Wert $\frac{\beta}{\alpha}$ besitzt, wo y und x dort die Helligkeiten von Umfeld und Infeld, β und α hier die Helligkeiten von Grund und Objekt, also dasselbe bedeuten.

Der in den ParalleGesetzen zum Ausdruck kommende Zusammenhang rührt daher, daß die Kontrastphänomene Engramme der Erscheinungen von Farbenkonstanz sind (diese Ber. 1913). Diese letzteren ihrerseits wieder auf Erfahrung zurückzuführen, wie in der Psychologie z. Zt. üblich, bedeutet einen Rückfall in den von Hering aufgewiesenen Zirkel (Grundz. d. Lehre vom Lichtsinn 1907 S. 20), den der Empirismus hier wie anderwärts begeht. Die Farbenkonstanz beruht nicht auf Erfahrung. Ihre Erklärung ergibt sich im Zusammenhang mit anderen Versuchen, über die später zu berichten sein wird.

Hieran anschließend behandelt Herr Jaensch

Die Frage der Gleichförmigkeit des Geschehens auf psychologischem und physiologischem Gebiete.

Gegen die Zurückführung der Kontrastphänomene auf die Erscheinungen der Farbenkonstanz wurde eingewandt, daß jene eine strenge Gesetzmäßigkeit, diese aber eine „enorme“ Labilität und Variabilität von einem Individuum zum andern zeigten, worin sich die Zugehörigkeit des Kontrastes zu dem peripher-physiologischen, die der Farbenkonstanz zu dem zentralen (psychischen) Gebiete verrate. (Ber. über d. V. Kongr. f. exp. Psych. 1912 S. 187.) Der Einwand beansprucht allgemeineres Interesse. Nach v. Kries' Ansicht entspringen wichtige Einwände auch gegen Grundvorstellungen der Helmholtz'schen Sinnesphysi-

ologie aus der Voraussetzung, daß die zentralen Erscheinungen in hohem Maße labil und individuell different seien und darum zur Erklärung jener streng gesetzmäßigen Erscheinungen, die die Sinnesphysiologie aufweist, nicht herangezogen werden dürften.

Zur Verdeutlichung des Einwands stelle man etwa, wie einer der Herren Opponenten tat (Hr. Rupp), den Versuch mit der Beschattungsanordnung (III) unter Weglassung des Hintergrunds (*H*) an. Mangels ausreichender Anhaltspunkte ist der Eindruck der Beleuchtung dann mehrdeutig, und die subjektive Aufhellung der beschatteten Scheibe erfolgt in sehr verschiedenem Ausmaß, je nachdem man sich lebhaft vorstellt, daß die Scheibe im Schatten oder unter normaler Beleuchtung stehe; auf Beobachtungen solcher Art gründet sich der Einwand gegen die Heranziehung psychologischer Faktoren in der Sinnesphysiologie. Dort Wechsel der Erscheinungen mit dem Wechsel der Vorstellungen — das Merkmal der zentralen Vorgänge und sog. „Urteilstäuschungen“ — hier bei den sinnesphysiologischen Erscheinungen unausweichliche Gesetzmäßigkeit; somit enorme Labilität und individuelle Differenziertheit bei den psychischen, nicht aber bei den physiologischen Vorgängen.

Allein dieser Schluß entbehrt durchaus der Grundlage. Wenn es Aufgabe eines echten Versuchs ist, im Gegensatz zu den Verhältnissen des Alltagslebens den isolierten Ablauf eines Vorgang zu verfolgen, so ist die als Beispiel herangezogene, für die Argumentation typische Beobachtung kein echtes Experiment; denn da die Scheibe bald als beschattet, bald als nicht beschattet aufgefaßt werden kann, ist ein isoliertes Studium der scheinbaren Aufhellung bei Beschattung an dieser Anordnung nicht möglich. Soll die Labilität und individuelle Differenziertheit bei den sog. psychischen und den sog. physiologischen Erscheinungen verglichen werden, so sind beide in die Form echter Versuche zu bringen, welche nicht nur die äußere Konstellation

tion, sondern auch die innere Verhaltungsweise in möglichst vollkommenem und möglichst gleichem Maße determinieren. Geschieht dies bei den offensichtlich mit den Vorstellungen in weitem Maße variierenden Transformationserscheinungen und andererseits bei den Kontrastphänomenen, die diesen Einfluß nicht erkennen lassen, so ergibt sich allerdings aus den Untersuchungen E. A. Müllers in beiden Fällen ein bemerkenswerter, in der graphischen Darstellung der Resultate durch je ein Flächenstück charakterisierter Wert für die Labilität und ebenso für die individuelle Differenziertheit, der aber für beide Erscheinungsgebiete annähernd gleiche Größe besitzt. Auch beim Kontrast ergibt sich somit Labilität und individuelle Differenziertheit, wenn man sich nicht mit je einer Versuchsreihe und Versuchsperson begnügt.

Da die herangezogenen Versuchsreihen immer dieselbe Funktion z. B. Gerade ergaben und die Labilität und Differenziertheit nur in der abweichenden Lage und Richtung, also in den Konstanten der Funktion zum Ausdruck kam, so ist klar, daß die von Reihe zu Reihe wechselnden Werte gleichwohl in gesetzmäßigen Korrelationen stehen und daß Labilität und Differenziertheit strenge Gesetzlichkeit nicht ausschließt. Etwas Entsprechendes liegt vor, wenn von einzelnen, z. B. von Oppenheim, die Bedeutung der Tatsachen, die der Vagotonielehre zugrunde liegen, darin erblickt wird, daß dadurch der individuelle Faktor im Nervengeschehen auf einen exakten Ausdruck gebracht und zugleich durch den Aufweis seiner Korrelationen, zunächst in einem Falle, der naturgesetzlichen Behandlung erschlossen werde (Korrelation von Graden der individuellen Adrenalin- und Pilokarpinempfindlichkeit).

Von beiden Seiten her verkleinert sich der Unterschied, auf den der besprochene Einwand hinweist. Wie sich das physiologische Geschehen als immer differenzierter herausstellt, so enthüllt umgekehrt die Psychologie immer speziellere Gleichförmigkeiten, die in der Gesetzmäßigkeit des inneren

Geschehens einerseits, in der Konstanz der Umweltbedingungen anderseits gründen. Marbes Versuche über Gedankenlesen z. B., bei denen auf die Aufforderung hin, eine Farbe vorzustellen, überwiegend „rot“ vorgestellt wird, worauf an Häufigkeit „blau“ und in weitem Abstand erst „grün“ und „gelb“ folgt, dürften sich aus einer psychischen Gesetzmäßigkeit, nämlich der verschiedenen Eindringlichkeit der Farben erklären, die nach Ameseders Versuchen genau in der gleichen Reihenfolge abgestuft ist. Mit der Konstanz der Umweltbedingungen, in Verbindung mit inneren Gleichförmigkeiten, dürfte es zusammenhängen, daß nach gelegentlichen Erhebungen des Vortr. eine an die Wahrnehmung der Pflastersteine anknüpfende Form des Zwangsdenkens im Kindesalter sehr häufig, fast physiologisch zu sein scheint („es passiert etwas, wenn man auf die Ritzen tritt“ u. dgl.). Ursache ist offenbar die besondere Nähe und Eindringlichkeit des Objektes, die habituelle Aufmerksamkeitsrichtung auf das Naheliegende und die gleichfalls nachgewiesene Perseverationstendenz der kindlichen Vorstellungen. — Da eine solche Gleichförmigkeit im Speziellen in besonderem Maße auch bei den höchsten Wahrnehmungsprozessen besteht, so erhellt auch von hier aus die Grundlosigkeit des Einwands, der die strenge Gesetzmäßigkeit der in die elementaren Wahrnehmungsvorgänge eingehenden psychischen Prozesse bestreitet; denn die hervorgehobene Gleichförmigkeit im Speziellen ist sogar bei der Festhaltung und Schilderung hochkomplizierter Wahrnehmungskomplexe zu bemerken. Der Sprachforscher Hehn weist auf die fast wörtliche Uebereinstimmung vieler epischer Schilderungen Goethes mit antiken Dichterstellen hin, eine Gleichförmigkeit, die aus Goethes Neigung zu den typischen Gestaltungen, den „Urphänomenen“, sich erklärt und zugleich den tieferen Grund für die Wertschätzung der Antike in der europäischen Menschheit aufweist.

Hierauf sprach Herr F. Richarz:

Über die Farbe des Mondes, Farbenerscheinungen an Wasserfällen und an Wolken.

Im Nachstehenden teile ich einige kleine ältere Überlegungen und Beobachtungen mit, die ich schon lange gelegentlich zu veröffentlichen beabsichtigte.

I. Über die Farbe des Mondes.

Der Mond erscheint am Nachthimmel gelb, am Tageshimmel weiß. Bei folgender Veranlassung drängte sich mir die überaus einfache Erklärung dieses Farbenwechsels auf. Mein Schüler und früherer Assistent Herr Willie Bieber hat über das Blau des Himmelslichtes in Anknüpfung an die bekannte Theorie von Lord Rayleigh, diese dahin verändert, daß es nicht die Luftmolekeln selbst, sondern feinste Teilchen von Ammoniumnitrat oder -nitrit sind, an denen das kurzwellige Blau des Sonnenlichtes stärker zurückgeworfen wird, als die langwelligen Farben der roten Spektral-seite ¹⁾. Einerlei, welche kleine Teilchen es sind, die eben wegen ihrer Kleinheit vornehmlich Blau zurückwerfen: das Blau des Himmelslichtes ist keine auf irgend welcher selektiven Absorption beruhende Subtraktionsfärbung, sondern ein aus der Substanz der Atmosphäre heraus uns zugeworfener Teil des Sonnenlichtes. Er addiert sich bei Tag zu jedem Licht einer kosmischen Strahlungsquelle, die der Erde ihr Licht zusendet, und überstrahlt sie meist. Das vom Monde allein zurückgeworfene Sonnenlicht, wie wir es bei Nacht wahrnehmen, erscheint uns gelb. Am Tageshimmel addiert sich zu diesem allein genommen gelben Mondlicht das blaue Licht der Atmosphäre und da beide Färbungen komplementär sind, er-

1) W. Bieber, Kondensationskerne der Erdatmosphäre, Meteorologische Zeitschrift **31**, p. 358, 1914.

scheint uns der Mond am Tageshimmel weiß, wenn das Himmelsblau ihn nicht überstrahlt.

Diese Erklärung erschien mir so ungemein einfach, daß ich sicher glaubte, sie sei schon anderweitig ausgesprochen worden. Ehe ich sie daher jetzt veröffentlichte, wandte ich mich an Herrn Kollegen Alfred Wegener mit der Frage, ob diese Erklärung des Farbenunterschiedes des Mondes am Nacht- und am Tageshimmel nicht bereits gegeben worden sei. Auch seines Wissens ist das nicht der Fall; aber er teilte mir dabei mit, daß er selbst ebenfalls kürzlich gesprächsweise dieselbe Erklärung am Orte seiner augenblicklichen militärischen Tätigkeit geäußert habe. Übrigens wird sich die Richtigkeit durch spektrophotometrische Messungen prüfen lassen, die ich in Aussicht genommen habe.

Im Zusammenhange mit Vorstehendem kann man nun noch die übrigens davon unabhängige Frage nach der gelben Farbe des Mondes am Nachthimmel erörtern. Sie kann auf einer, durch die Mondoberfläche selbst dem zurückgeworfenen Sonnenlicht erteilten Färbung beruhen, wie das Rot des Mars: Die Mondoberfläche könnte ja vielleicht reich sein an dem gelb gefärbten Eisenhydroxyd. Es ist aber auch möglich, daß das Gelb dem Einfluß der Atmosphäre als trübes Medium (siehe weiter unten, III) auf das durchfallende Licht des Mondes zuzuschreiben ist. Demgegenüber könnte man einwenden, daß doch das direkte Sonnenlicht weiß erscheint, obwohl auch dieses durch die Atmosphäre hindurchgegangen ist. Das kann aber auf der überaus viel größeren Intensität des direkten Sonnenlichtes beruhen; sehr intensives Gelb wird vom Auge als Weiß empfunden.

II. Über Farbenerscheinungen an Wasserfällen.

Folgende Beobachtung machte ich zuerst am großen Fall der Ache in Gastein: später aber bot sie sich mir noch mehrfach dar, Wenn ein grün gefärbtes Wasser im freien Fall oder auch in Stromschnellen schäumend und teilweise

zerstäubend an einzelnen Stellen dicht über Felsen hinweggleitet, so schimmern diese rötlich durch das Wasser hindurch, auch wenn ihre eigene Färbung einfach schwarz oder grau ist. Erklärung ist natürlich der simultane Kontrast zu der grünlichen Farbe des Wassers. Diese letztere tritt kräftiger hervor an den Stellen, wo das Wasser hohl fließt und das diffuse Tageslicht von hinten her nach vorn hindurchdringt. Sie entfällt mehr oder weniger an denjenigen Stellen, wo das Wasser dicht über einzelne Felsen läuft; daher erscheinen diese komplementär gefärbt.

Man kann die Erscheinung in Anknüpfung an bekannte Versuche vollkommen experimentell nachbilden, Ein Streifen grünen Papiers bedeutet das fallende Wasser. Ein ihn bedeckender Streifen dünnes Seidenpapier gebe den Schaum und Gischt der Oberfläche wieder, Ein Stück schwarzes oder graues Papier, welches an einer Stelle das grüne ersetzt (einfach darauf geklebt), erscheint dann durch das Seidenpapier hindurch deutlich rot. In hinreichendem Maßstabe kann der Versuch einem großen Hörerkreis sichtbar gemacht werden. Diese künstliche Nachbildung der in der Natur sich darbietenden Verhältnisse mit dem gleichen Farbenempfindungserfolge ist völlig unabhängig von der bei den Physiologen und Psychologen kontroversen Erklärung, wie dieser simultane Kontrast zu Stande kommt.

III. Über blaue und gelbe Wolken.

„Trübe Medien“ nennt man durch Teilchen in feiner Verteilung undurchsichtig oder durchscheinend gemachte, an und für sich durchsichtige Medien. Die Farbe „trüber Medien“ ist im durchfallenden Licht gelblich und rötlich, im zurückgeworfenen bläulich und grünlich, (Siehe oben in I. die Bemerkungen über das Zustandekommen des Himmelsblau.) Wolken sind durch Wassertröpfchen getrübe Luft: dem entsprechen die Färbungen, welche sie zeigen, wenn die Tröpfchen sehr klein sind. Besonders häufig sieht man bläu-

liche und gelbliche Wolken, jene im reflektierten, diese im durchfallenden Sonnenlicht. Sehr prächtig erscheinen diese Färbungen, wenn beide Beleuchtungsbedingungen nebeneinander verwirklicht sind, wobei die gelblichen und bläulichen Wolken als komplementär gefärbt ihren Eindruck gegenseitig verstärken. Dies habe ich einmal wundervoll zu beobachten Gelegenheit gehabt, als ich mich am späten Nachmittage auf der Simplonpaßhöhe befand. Im Norden über den Berner Alpen hingen einzelne Wolkenstreifen, sich der Länge nach westöstlich erstreckend; sie bildeten den Rest voraufgegangener Bewölkungstage bei westlichem Winde, während nunmehr unter lebhaftem Nordwind Aufklärung erfolgte. Der zunächst gelegene Wolkenstreifen war schmaler als der entferntere, sodaß letzterer vielfach neben und unter jenem zu sehen war. Von Westen her schien die Sonne gerade zwischen diese beiden Wolkenstreifen hinein. Wie die beobachteten Färbungen bewiesen, bestanden sie aus sehr feinen Tröpfchen. Daher erschien der vordere Wolkenstreifen als von rückwärts beleuchtet im durchfallenden Lichte gelblich, der entferntere weil von vorne beleuchtet beim auffallenden Lichte bläulich. Ich erinnere mich nicht diese Wolkenfärbungen, die übrigens häufig zu beobachten sind, jemals so lebhaft gesehen zu haben: mit dem Hochgebirge zusammen war das Bild ein ganz herrliches.

In der Wahlsitzung wurde Herr Prof. *G. v. Bergmann* zum ordentlichen Mitglied gewählt.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

Nr 2

März

1917

Zu Beginn der Sitzung vom 21. März gedachte der Vorsitzende F. Richarz des Verlustes, den die Gesellschaft durch das Hinscheiden ihres Ehrenmitgliedes Graf Zeppelin erlitten hat, und verlas das von der Gesellschaft an die Witwe des Verstorbenen abgesandte Beileidstelegramm:

Mit ganz Deutschland trauern auch wir um den geistvollen tatkräftigen Erfinder, der wie wenige die Gemeinsamkeit von Wissenschaft und Tat hochschätzte. Ihn durften wir mit Stolz unser Ehrenmitglied nennen. Noch vor kurzem konnten wir ihm unseren ehrerbietigsten und wärmsten Dank aussprechen für die guten Wünsche, die er unserer Gesellschaft zu ihrem hundertjährigen Bestehen sandte. Solange sie weiter besteht, wird in ihr wie in der ganzen Welt sein unsterbliches Werk lebendig bleiben.

Hierauf erhielt die Gesellschaft folgendes Danktelegramm:

Für wohlthuende Teilnahmebezeugung warmen Dank..

Gräfin Zeppelin.

Sodann trug Herr Alfred Wegener (auf Urlaub aus dem Felde) vor über seine Berechnung des am 3. April 1916 in Kurhessen am Nachmittag um 3 $\frac{1}{2}$ Uhr durch Lichterscheinung und Detonation beobachteten Meteoriten. Seine Berechnungen aus den gesammelten Beobachtungen ergaben einen Hemmungspunkt des Meteoriten mit Erlöschen der Lichterscheinungen in etwa 16 km Höhe über dem Erdboden und bei Fortsetzung der berechneten Bahn einen Einschlagspunkt in der Gegend nördlich von Treysa. Auch die Masse ließ sich als sehr erheblich schätzen, und da bei der Herbstbestellung des Feldes nichts gefunden wurde, ein Niedergang im Walde vermuten. (Die ausführliche Abhandlung ist im 1. Heft des 14. Bandes der Schriften der Gesellschaft erschienen.)

Hierauf berichtete Herr F. Richarz über die Auf-
findung des Meteoriten. Auf Grund der Beobachtungen und der Berechnungen von Herrn Alfred Wegener setzte die Gesellschaft im Januar d. J. einen Preis von 300 Mark auf die Ablieferung des Meteoriten aus. Anfang März lief dann eine Meldung von einem Förster ein, daß im Rommershausener Wald, nordwestlich von Treysa, sich eine Grube befinde, deren Ursprung nicht erklärbar sei, und die vermutlich die Einschlagstelle des Meteoriten bedeute. In der Tat wurde auf dem Grunde dieser Grube der Meteorit gefunden, und ist nunmehr nach Marburg übergeführt worden. (Nähere Mitteilungen werden im 2. Heft des 14. Bandes der Schriften der Gesellschaft gegeben werden.)

Herr E. Kayser sprach in Anknüpfung an diesen Meteoriten, dessen Beschaffenheit im einzelnen er besprach, über Meteoriten im allgemeinen, unter Demonstration der in der Geologischen Sammlung der Universität vorhandenen Original-Stücke und Nachbildungen anderer Meteoriten.

In der Wahlsitzung wurde Herr Dr. Th. Körner zum außerordentlichen Mitglied der Gesellschaft gewählt.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

Nr. 3

Mai

1917

In der Sitzung vom 16. Mai 1917 hielt Herr F. Richarz folgenden Vortrag:

Nachträgliche Bemerkungen zu seinem früheren Vortrage über die Schwäche des senkrecht reflektierten Lichtes und damit zusammenhängende Erscheinungen, z. B., die Sichtbarkeit der U-Boote von Luftfahrzeugen aus.

Um einer mißverständlichen Deutung meines angegebenen Vortrages vom März 1915 vorzubeugen, möchte ich folgendes dazu bemerken: Zweck meiner damaligen Untersuchung war keineswegs nach der Erklärung der Sichtbarkeit der Unterseeboote von Luftfahrzeugen aus zu suchen. Vielmehr war der Ausgangspunkt meiner Betrachtungen die Erklärung des Intensitätsmaximums für das in der Auffallrichtung von Wolkenoberflächen reflektierte Licht. Dieses Intensitätsmaximum ist erforderlich für eine Erklärung der Beugungsringe um den Schatten des Beobachters beim Brockengespenst oder den Schatten des Ballon-Korbes bei dem entsprechenden Ballongespenst. Diese Erklärung glaube ich anderweitig gegeben zu haben. (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.)

In meiner Abhandlung vom März 1915 habe ich nun untersucht, ob es denkbar sei, daß die verschiedene Intensität des unter verschiedenen Winkeln an einem einzigen Wassertropfchen reflektierten Lichtes ein ähnliches Maximum hervorrufen könnte. Auf der 7. Seite meiner Abhandlung komme ich zu dem Resultat: „Die Reflexion an einem einzelnen Tröpfchen kann auch mit Berücksichtigung der Abhängigkeit der Reflexions-Intensität vom Einfallswinkel das zur Erklärung der Beugungsringe um Brocken- oder Ballon- gespenst zu postulierende und auch beobachtete Intensitätsmaximum für die Mitte der Erscheinung nicht erklären. Es bleibt also nur meine früher gegebene Erklärung“; und fahre dann fort: „Dagegen erklärt sich aus der hergeleiteten Abhängigkeit der Reflexion vom Einfallswinkel, die selbstverständlich nicht für metallische Reflexion gilt, eine Reihe anderer bekannter Erscheinungen.“ Auf der 7. Seite unten und auf der 8., der vorletzten, Seite oben bespreche ich dann endlich auch die Erscheinung, daß von Luftfahrzeugen aus die Wasserflächen, auf die man nahezu senkrecht hinabblickt, dunkel aussehen, während sie bei schräger Betrachtung hellglänzend erscheinen. Ich zeigte damals schon in der Sitzung als Beispiel eine sehr schöne Aufnahme Marburgs vom Ballon aus, welche im Juli 1909 von Herrn Alfred Wegener gemacht worden ist, als er bei einer Ballonfahrt von der „Ila“ zu Frankfurt aus Marburg überflog. Auf dieser Aufnahme sieht man, wie die Lahn Marburg als schwarzes Band durchzieht, nicht als glänzendes, wie sie beim schrägen Aufblicken erscheint. Herr Alfred Wegener hat mir freundlichst gestattet, diese Aufnahme zu veröffentlichen. Durch das wiederholte Kopieren sind zwar die Randpartien etwas weniger scharf geworden, als im Original; indessen sieht man folgendes auch in der Reproduktion noch recht deutlich. Die Lahn tritt sehr nahe unter der Ecke oben links in das Gesichtsfeld ein und durchzieht dieses zunächst nach rechts hin bis etwa zur Mitte. Gegen Ende dieser Strecke



nimmt sie einen kleineren Arm wieder auf, der schräg von links unten her hinzutritt. Sodann wendet sich die Lahn in der rechten Hälfte des Bildes zuerst geneigt, dann völlig nach unten bis zu der hell erkennbaren Weidenhäuser Brücke, rechts und etwas oberhalb der Universität. Von da verläuft sie wieder schräg nach rechts unten, tritt eben in das untere Drittel des Bildes ein und verläßt dessen rechten Rand. Im ganzen Verlaufe erscheint die Lahn schwarz.

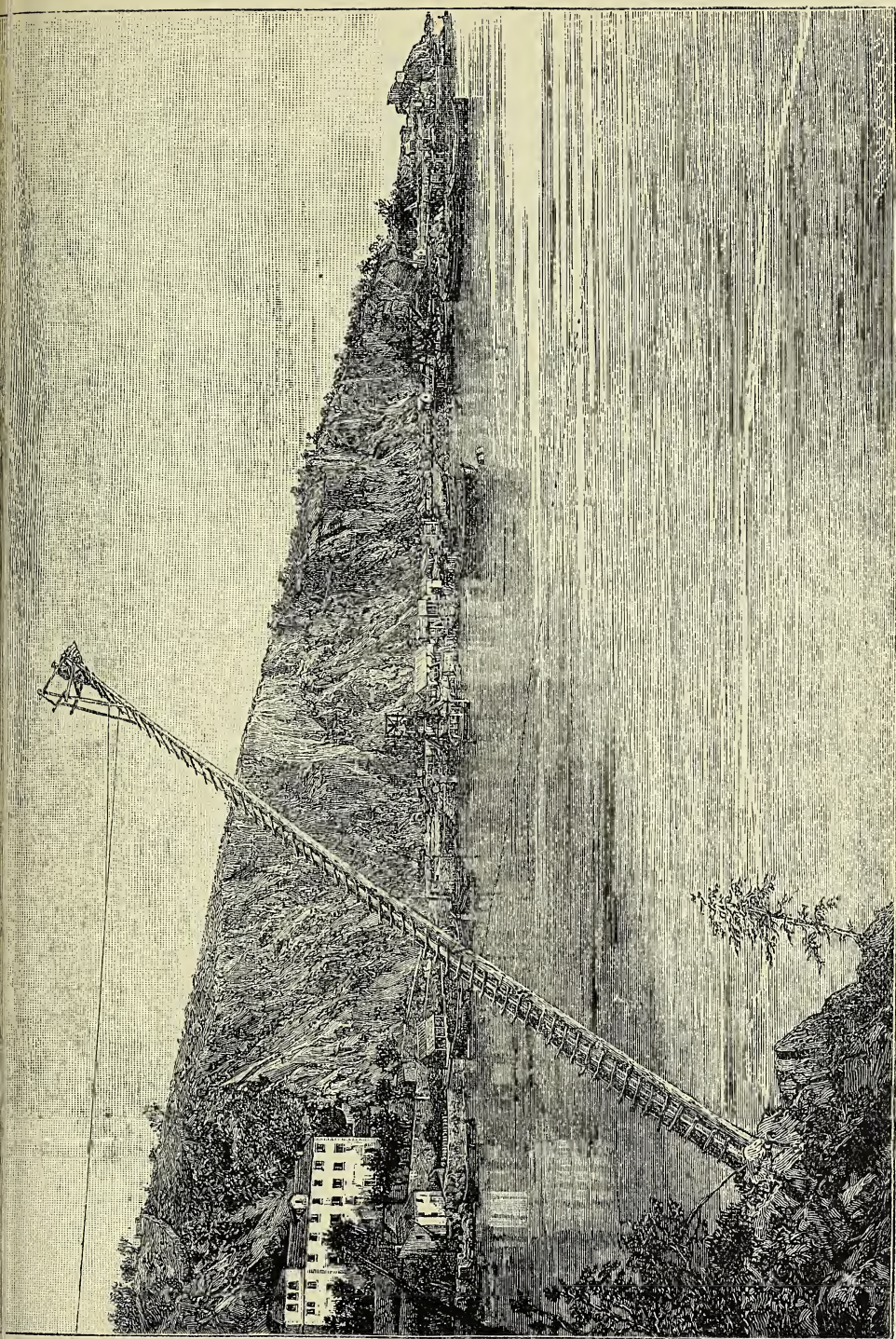
Um die Sichtbarkeit von Gegenständen, die sich im Innern des Wassers befinden, handelt es sich bei jenen meinen Darlegungen immer noch nicht.

Mir schien sich hierin aber auch, ungesucht, ein Grund darzubieten zur Erklärung der besseren Sichtbarkeit der U-Boote von Luftfahrzeugen aus. Es fällt die Überblendung durch den Reflex von der Wasseroberfläche hinweg, und das U-Boot im Innern des Wassers kann besser erblickt werden. Stillschweigende Voraussetzung war natürlich, die Beleuchtungs- und Reflexionsverhältnisse am U-Boot seien solche, daß es überhaupt erblickt werden kann, z. B. würde ein schwarzer Anstrich des U-Bootes seine Sichtbarkeit auch in diesem Falle vereiteln.

Die Mitteilung einer Beobachtung, welche Herr Kollege A. G ü r b e r gemacht hat, veranlaßte mich, am Schlusse meiner damaligen Abhandlung auf Seite 8 noch eine, wie ich ausdrücklich hervorgehoben habe, andere Ursache zur Erklärung heranzuziehen, welche die Sichtbarkeit von Gegenständen, die im Inneren eines Flusses befindlich sind, vom Ballon aus begünstigt, „während man sie auch beim senkrechten Durchblicken durch den Wasserspiegel aus der Nähe, z. B. von einem Kahn aus, zu erkennen nicht im Stande ist.“ Ich habe diese Ursache damals als in der Unruhe des Wasserspiegels begründet auseinandergesetzt, und möchte auf meine Erklärung im einzelnen nicht nochmals zurückkommen. Herr Prof. Thorbecke zeigte im Februar d. J. bei seinen Lichtbildervorträgen über die

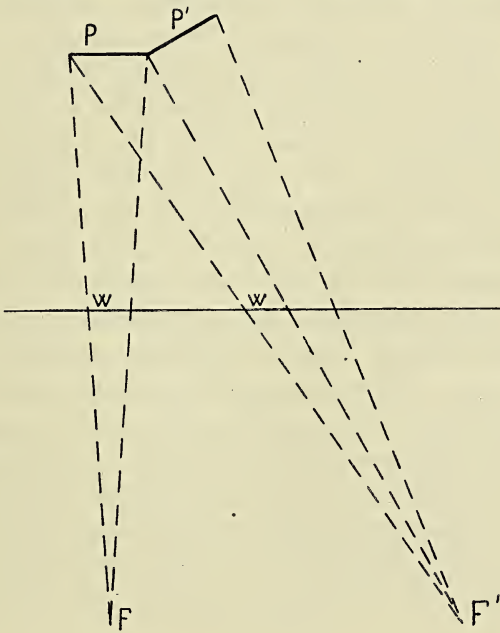
Kriegsschauplätze eine Art des Thunfischfanges im Adriatischen Meer, bei welcher ein Beobachter den Thunfisch von einem erhöhten Gerüst aus verfolgt, und dem Fänger Nachricht gibt, wo sich der Fisch befindet. Hier spielt der Thunfisch, der ja bekanntlich eine recht erhebliche Größe annimmt, die Rolle eines vom Flugzeuge aus erspähten U-Bootes. Der Beobachter wird Spion genannt. Herr Dr. Franz Strieder, dem diese Art des Auflauerns auf den Thunfisch bereits länger bekannt war, machte mich dankenswertester Weise darauf aufmerksam, daß jene Abbildung aus der „Gartenlaube“, Jahrgang 1886, Band XXXIV Nr. 49, Seite 861, stammt und nach einer Momentphotographie von Alois Beer reproduziert ist; sie ist beistehend aufs Neue wiedergegeben. Die Frage, aus welchen physikalischen Gründen es für den „Spion“ vorteilhaft ist, von einem solchen grotesken Gerüste aus den Thunfisch zu erspähen, wird in dem begleitenden Aufsätze nicht aufgeworfen.

Herr Felix Jentzsch teilte mir im Jahre 1915, bereits kurze Zeit nach dem Erscheinen meiner Mitteilung aus der Sitzung vom März jenes Jahres mit, daß er in ähnlicher Weise von dem Oberlande von Helgoland aus, bei bewegter See hinabblickend, die Gegenstände in der Tiefe des Wassers deutlich habe erkennen können. Herr Felix Jentzsch hat mir eine Veröffentlichung über diese Beobachtung zur Vorlage an die Gesellschaft übersandt, welche in Folgendem auf den Seiten 23 bis 31 zum Abdruck kommt (siehe insbesondere die Bemerkung vor der Ueberschrift). Wenn in dieser Mitteilung Herr Felix Jentzsch die Ursache der Sichtbarkeit des Meeres-Grundes in seinem Falle lediglich in die letztere meiner Erklärungen verlegt, welcher er vollständig zustimmt, so habe ich nichts dagegen einzuwenden; daß er dagegen die erste Erscheinung, die Schwäche des senkrecht reflektierten Lichtes überhaupt auch für alle anderen Fälle von der Erklärung ganz ausschließen zu sollen glaubt, kann ich nicht als berechtigt zugeben.



Veranlaßt durch vorstehende Bemerkungen teilte Herr G. Wetz el (als Gast) folgende von ihm gemachte Beobachtung mit: Beim Schießen nach Hechten von einer Brücke aus konnten ich und meine Jagdgenossen die Fische nur dann gut erkennen, wenn sie sich nahezu unmittelbar unter der Brücke befanden. Beim seitlichen Einblicken in das Wasser waren sie schlecht zu sehen. Es ist sehr wohl möglich, daß dies auf dem alsdann stärkeren Glanz der reflektierenden Wasseroberfläche beruhte, worauf nicht eigens geachtet wurde.

Jedoch kann, wie Herr F. Richarz hinzufügt, auch zur Erklärung dieser Beobachtung die zweite, von ihm im Märzbericht 1915 erwähnte Ursache, herangezogen werden. Zwar wird bei unveränderter Augenachse die Pupille P in der beigegebenen Figur für die Strahlenkegel von F bzw. F' aus dieselbe Größe der Durchtritts-Kreise durch die Wasseroberfläche W ergeben. Tatsächlich wird aber sich



das Auge drehen, und die Pupille $P' = P$ ergibt dann eine größere Austrittsfläche aus dem Wasser, wie unmittelbar aus der Figur erkennbar. Daraus folgt dann für das seitliche Blicken $P' F'$ eine größere Unschärfe in Folge der Unruhe der Wasseroberfläche, falls eine solche Unruhe vorhanden ist. Wenn die Wasseroberfläche ruhig ist, entfällt die Möglichkeit, meine zweite Erklärungsweise heranzuziehen.

Sodann fügte Herr F. Richarz seiner **Erklärung des Farbenwechsels des Mondes** aus der Januar-Sitzung noch folgendes hinzu:

Wie ich damals ausgeführt habe, erklärt sich das Weiß-Erscheinen des Mondes am Tageshimmel, gegenüber dem Gelb-Erscheinen am Nachthimmel dadurch, daß am Tageshimmel sich das blaue Himmelslicht zu dem alleingekommen gelben Licht des Mondes addiert. Die Erscheinung des weißen Mondes am Tageshimmel ist abends natürlich nur um die Zeit des ersten Viertels herum sichtbar, morgens um die Zeit des letzten Viertels. Wenn nun um jene Zeit, wie z. B. Ende März d. J., sehr schöner blauer Himmel herrscht, dann erscheinen auf der beleuchteten Hälfte der Mondscheibe die dunkeln Flecken, die man auch als „Mann im Mond“ zu bezeichnen pflegt, bei Tage blau auf weißem Grunde. Es ist dies aus dem Erklärungsprinzip der Weißfärbung des Mondes am Tageshimmel sogleich zu erkennen. Das Reflexionsvermögen ist an den als „Mann im Monde“ bezeichneten Stellen schlechter, als an den übrigen; infolgedessen das von dem Monde selbst reflektierte gelbliche Licht an ihnen schwächer. Während nun die übrigen Stellen ein hinreichend intensives gelbes Licht geben, um mit dem blauen Himmelslicht zusammen Weiß resultieren zu lassen, ergeben die dunkeln Stellen ein Defizit an gelbem Licht, also einen Überschuß an atmosphärischem blauen Licht, und erscheinen deswegen am Tageshimmel blau auf der übrigen weißen Mondscheibe.

Herr F. A. S c h u l z e hielt sodann die Vorträge:

1) Ueber den Schalldruck

(mit Demonstrationen).

**2) Ueber den Einfluß der Steifigkeit auf die Transversal-
schwingungen von Saiten. (S. S. 75).**

Eingegangen am 15. März 1917, von der Zensurbehörde zur Veröffentlichung zugelassen am 4. Mai 1917 [vgl. den Vortrag von F. Richarz in dieser Sitzung].

**Die Einblicktiefe in natürliche Wasseroberflächen
und die Sichtbarkeit von Unterseebooten.**

Von Felix Jentzsch.

Beim Lesen der kleinen Notiz von Herrn Geheimrat Prof. Dr. Richarz in den Sitzungsberichten der Ges. z. Bef. d. ges. Nat. zu Marburg März 1915 Nr. 1 „Die Schwäche senkrecht reflektierten Lichtes und damit zusammenhängende Erscheinungen z. B. die Sichtbarkeit der Unterseeboote von Luftfahrzeugen aus“ erinnerte ich mich, wie ich Herrn Richarz schon im April 1915 mitteilte, an eine interessante Beobachtung, die ich im Hochsommer 1911 auf Helgoland machte.

Ich stand damals auf dem Oberland Helgolands, also etwa 60 m über dem Wasserspiegel, und sah auf der Westseite, wo man sehr steil hinabsehen kann, den Untergrund des Wassers ziemlich weit hinaus in wunderbarer Klarheit und Deutlichkeit. Jeder Stein, jede einzelne Klippe in ihren mannigfachen Farben schimmerte deutlich hindurch. Das wäre an sich ja nichts Besonderes gewesen, wenn nicht gleichzeitig die Oberfläche keineswegs ruhig, sondern vielmehr beträchtlich gekräuselt gewesen wäre. Es war sogar

möglich, die Wellenzüge selbst und die Steinblöcke, die doch bis zu mehreren Metern darunter lagen, gleichzeitig gleichmäßig scharf zu erkennen. Mir fiel diese Beobachtung um so mehr auf, als ich gleich darauf unten am Fuße des Oberlandes die Unruhe der Wasseroberfläche so stark fand, daß aus einer Kopfhöhe von etwa 2 m über der Oberfläche nur einige Centimeter ins Wasser hineinzusehen war. Man kann also auch in eine bewegte Wasseroberfläche einblicken, wenn man weiter entfernt ist.

Durch diese Beobachtung einer vom absoluten Abstände abhängigen Einblickstiefe würde natürlich jedem Erklärungsversuche sofort der Boden entzogen, der etwa vom Reflexionskoeffizienten Gebrauch macht.

Ich ging der Sache nicht weiter nach, obwohl die Sichtbarkeit der U-Boote von einem Luftfahrzeug aus mehrfach in Physikerkreisen erwähnt und besprochen wurde, ohne freilich voll geklärt zu werden. Daß man von einem Luftfahrzeug aus besonders gut ins Innere einer Wasseroberfläche einsehen kann, ist seit Jahrzehnten bekannt und wird von allen Luftschiffern und Fliegern bestätigt. Schon vor Jahren (etwa 1912) wurden Photographien untergetauchter U-Boote veröffentlicht (z. B. von Bejeuhr).

Erst in der kleinen Arbeit von Richarz findet sich ganz am Schlusse die meiner Meinung nach einwandfrei richtige Erklärung, daß nämlich bei genügend großem Abstände des Beobachters das von den ausgenutzten Strahlenbündeln durchsetzte Oberflächenelement so klein wird, daß es als eben angesehen werden kann, wenn es auch natürlich zur Haupt-Sehachse im allgemeinen geneigt ist. Die Kräuselung der Oberfläche stört dann nicht mehr die punktförmige Abbildung. So richtig mir das auch erscheint, so muß ich doch anderen Ausführungen des Herrn Richarz widersprechen, wenn er nämlich zu glauben scheint, daß die relative Schwäche senkrecht reflektierten Lichts einen wesent-

lichen Anteil an der Sichtbarkeit der U-Boote hat. Wenigstens erklärt er auf Seite 8 seiner Abhandlung, „daß darin die vornehmlichste Ursache dafür begründet sei, daß Unterseeboote von Luftfahrzeugen aus besser erspäht werden können als von einem Schiffe aus“. Ich bin in diesem Punkte anderer Ansicht, wie ich im folgenden begründen möchte.

Wenn man ganz allgemein nach den Bedingungen fragt, von denen die

„Einblicktiefe in eine natürliche Wasseroberfläche“

abhängt, so findet man, abgesehen von allen Erscheinungen in der Oberfläche selbst, als wichtig die Beleuchtungsstärke und den Kontrast.

Erstere nimmt nach einem Exponentialgesetz mit der Tiefe ab, wobei der Extinktionsfaktor noch stark von der Farbe abhängt und außerdem noch mit der Jahreszeit (Organismen, Schmelzwasser, ev. Salzgehalt) und dem Bewegungszustand des Wassers schwankt (suspendierte Teilchen). Wichtig ist dabei die absolute Tiefe des Wassers auch dann, wenn sie wesentlich größer als die Einblicktiefe ist. Auch dann wirkt noch der Untergrund mit. In Ost- und Nordsee sind solche Unterschiede auch auf hoher See deutlich zu bemerken.

Was nun den Kontrast anbetrifft, so handelt es sich in den meisten Fällen um eine sog. Hellfeldbeobachtung, d. h. um das Erkennen dunkler Gegenstände auf dem hellen Hintergrunde des sie umgebenden durchleuchteten Wassers, bisweilen auch auf dem durchschimmernden festen Untergrunde. Deshalb sind die Durchsichtigkeitsproben der Ozeanographen für unsere Frage nicht ohne weiteres zu verwenden. Denn hierbei ist stets eine helle weiße Scheibe verwendet worden, die bis zum Verschwinden ins Wasser gesenkt wurde. Das wäre aber eine Dunkelfeldbeobachtung. Zu mindestens dürfte im Falle von U-Booten, verankerten Minen usw., die vom Luftfahrzeug aus beobachtet werden

sollen, stets eine Hellfeldbeobachtung vorliegen. In diesem Falle wird die Sichtbarkeit ganz wesentlich vom Farbkontrast abhängen. Ferner sei auch hier erwähnt (s. w. u.), daß ein bewegter Gegenstand leichter als ein ruhender beobachtet wird, wie aus der Experimentalpsychologie bekannt ist.

Das Haupthindernis, das dem Einblicken in die Tiefe entgegensteht, sind aber die optischen Vorgänge in der Wasseroberfläche selbst, also die sog. Oberflächenlichter, der Glanz und die Unruhe des Wassers, wobei große glatte Wellenzüge oft weniger stören als leichte Kräuselung.

Der Oberflächenglanz hängt in seiner Stärke außer von der Reflexionsfähigkeit natürlich in erster Linie von der Helligkeit derjenigen Flächen ab, die aus der Richtung des reflektierten Sehstrahles strahlen. Das ist in der Natur oft wesentlicher als die Veränderung der Reflexion durch Anwachsen des Winkels. Liegt z. B. das Spiegelbild einer einzelnen, hellbeleuchteten Wolke gerade in der Blickrichtung, so kann auch unter den günstigsten Verhältnissen ein Einblick schon in geringe Tiefen unmöglich werden. Da die allgemeine Helligkeit in unseren Breiten meist in der Nähe des Zenits ziemlich gering ist, folgt für nahezu senkrechte Blickrichtungen, die also meist weitab vom Sonnenspiegelbild liegen, eine verhältnismäßig geringe Störung durch reflektiertes Himmelslicht¹⁾. Natürlich kommt es nicht nur auf den Kontrast in der Sehrichtung selbst an, sondern auch ganz seitwärts liegende helle Flecke können stark störend wirken, sofern nur überhaupt Licht von ihnen in den Augapfel dringt. Doch ist beim Gebrauch optischer Instrumente die Einengung des objektiven Gesichtsfeldes schon bei ganz schwach vergrößernden Fernrohren

1) Außerdem kann auch u. U. das Spiegelbild des beobachtenden Luftfahrzeuges selbst günstig wirken; besonders bei großen Motorluftschiffen. Senkrecht unter sich sieht der Beobachter durch das besonders dunkle Spiegelbild der Unterseite seines Standorts hindurch.

völlig ausreichend, um jede Störung dieser Art auszuschließen.

Der weiter bestimmende Faktor des Oberflächenglanzes, der Reflexionskoeffizient, nimmt bekanntlich mit wachsendem Einfallswinkel zu; sodaß die Intensität des streifend reflektierten Lichtes (Einfallswinkel 90°) rund 50 mal größer ist als bei senkrechter Reflexion. So groß auch dieser Unterschied erscheint, so ist es trotzdem ziemlich gleichgiltig, ob man mehr oder weniger steil nach unten blickt; denn das Anwachsen der Reflexion liegt in der Hauptsache erst bei größeren Winkeln. Bis zu einem Einfallswinkel von 45° , also für sämtliche Blickrichtungen innerhalb eines Kegels von 90° Spitzenwinkel, steigt der Reflexionskoeffizient nur von 2,0 % bis 2,8 %.

Nun tritt bekanntlich bei jeder Reflexion eine Polarisation des Lichtes ein, wie man mit einem Nicol an jeder Wasseroberfläche, jedem poliertem Möbel, jedem glatten Papier usw. zeigen kann. Deshalb ist es ohne weiteres möglich, mit Hilfe jeder einfachen Polarisationsvorrichtung die Beobachtung wesentlich zu verbessern; durch geeignetes Drehen des Analysators kann man stets einen großen Teil, oft den gesamten Oberflächenglanz auslöschen.

Reflexion an Wasser.

Einfalls- winkel	Reflexions- Koeffizient	Polarisierter Anteil	Durch einen Polarisator nicht zu beseitigender Oberflächenglanz
0°	2,04 %	50 %	1,02 %
10°	2,04 "	52 "	0,97 "
20°	2,06 "	60 "	0,83 "
30°	2,15 "	72 "	0,60 "
40°	2,45 "	88 "	0,29 "
50°	3,3 "	99 "	0,03 "
60°	6,0 "	96 "	0,21 "
70°	13,4 "	82 "	2,4 "
75°	21,2 "	74 "	5,5 "
80°	34,8 "	66 "	11,9 "
85°	58,4 "	58 "	24,7 "
90°	100,0 "	50 "	50,0 "

Wie groß dieser Anteil an polarisiertem Licht in der gesamten reflektierten Menge ist, zeigt vorstehende Tabelle in der dritten Spalte. Die letzte Spalte zeigt die Stärke des Oberflächenglanzes an, die auch bei Anwendung einer Polarisationsvorrichtung noch übrig bleibt, wobei die Stärke des einfallenden Lichtes, wie auch in den anderen Spalten, gleich 100^0 gesetzt ist. Wie man sieht, nimmt bei Benutzung einer Polarisationsvorrichtung der Oberflächenglanz zunächst sogar bis zum vollständigen Verschwinden ab und beginnt erst bei einem Einfallswinkel von etwa 75^0 größere Werte anzunehmen.

Aus alledem kann man folgern, daß bei senkrechter Blickrichtung keineswegs besonders günstige, das Einblicken in eine Wasseroberfläche fördernde Reflexionsverhältnisse vorliegen. Bei freiem Auge ist der Unterschied bis zu 45^0 und mehr nur gering. Bei Verwendung eines Polarisators oder Analysators ist sogar umgekehrt die senkrechte Richtung etwas im Nachteil.

Als weiteres, vielleicht das wichtigste Moment, das bei der Untersuchung der Einblickstiefe zu beachten ist, kommt nun noch der Bewegungszustand der Wasseroberfläche in Betracht. Wenn wir von solchen Fällen gänzlich absehen, wo durch Überschlagen der Wellenkämme eine stärkere Luftdurchmischung des Wassers eintritt, sodaß Schaum jeden Einblick verhindert, so wirkt zunächst die Form der Oberfläche einmal durch Brechung des von innen kommenden Lichtes, außerdem aber durch Reflexion des Himmelslichtes. Bisher hatten wir stillschweigend angenommen, daß die senkrechte Blickrichtung aus der Luft herab auch senkrecht auf die Wasseroberfläche trifft. Das ist natürlich nur bei sog. „spiegelglatter“ See ungefähr der Fall. Bei bewegter See dagegen, und seien die Wellen noch so mäßig, kann es vorkommen, daß ein senkrecht nach unten blickender Luftbeobachter Oberflächenlichter erhält, die unter ziemlich großen Winkeln reflektiert sind. Die Anschauung

lehrt sofort, daß, solange man nur einmalige Reflexion voraussetzt, höchstens Reflexionswinkel von 45° auftreten können, dann ist aber die reflektierte Lichtmenge auch erst $2,8\%$ der einfallenden, also nur wenig mehr wie bei senkrechter Reflexion; bei Ausschaltung des polarisierten Anteils sogar weniger als bei senkrechter Sicht. Zieht man zweimalige Reflexion in Betracht, können zwar Winkel bis zu $67\frac{1}{2}^{\circ}$ auftreten, doch ist in diesem Falle die reflektierte Lichtmenge wegen der doppelten Verluste sogar nur $1,2\%$. Im übrigen liegen die unter großen Winkeln reflektierten Strahlen meist ziemlich stark geneigt zur Lotlinie, sodaß der Beobachter um so weniger vom Oberflächenglanz gestört wird, je höher er sich befindet. Zu beiden Seiten eines Wellenbergs sieht er je einen hellen Streifen, der mit der Höhe immer schmaler erscheint.

Ineressanter noch ist der Einfluß der Brechung auf das Bild eines großen Gegenstandes im Wasser. Zunächst wirkt jede einzelne Welle wie eine Zylinderlinse und zwar erzeugt das Wellental stets ein verkleinertes, der Wellenberg ein vergrößertes virtuelles Bild. Letzteres nur, solange das Objekt sich nicht tiefer als der vierfache Krümmungsradius der Welle sich befindet. Liegt das Objekt tiefer, so entsteht ein reelles, in der Luft schwebendes Bild. In der Nähe dieser Tiefenlage wird also die Erkennbarkeit stark erschwert sein, besonders auch wegen des großen Lichtverlustes, der mit der hier herrschenden starken Vergrößerung verbunden ist. Die stets vorhandene Unruhe der Oberflächenkräuselungen, entstanden aus Interferenz von Wellensystemen sekundärer und höherer Ordnung, wirkt nicht anders wie „Polierfehler“ auf den großen Linsen der Hauptwellenzüge. Oft genug freilich ist diese „Politur“ so mangelhaft, die „Linse“ so schlecht, daß man überhaupt kaum noch von einer Linse reden kann. Bekanntlich sind aber in der Optotechnik die Ansprüche an die Güte einer Linse um so kleiner, mit je geringerer Öffnung sie benutzt

wird. In allen in Betracht kommenden Fällen, wo ein Luftbeobachter in die Wassertiefe einblicken will, ist diese Linsenöffnung aber ganz außerordentlich gering. Stets handelt es sich nur um höchstens einige Millimeter, meist nur geringe Bruchteile von Millimetern gegenüber mehreren ganzen Metern in den Dimensionen der „Linse“ selbst. Und zwar ist das zur Abbildung eines Gegenstandes in Anspruch genommenen Element der Oberfläche um so kleiner, je näher dieser Gegenstand der Wasseroberfläche ist und je weiter entfernt der Beobachter steht. Das optisch Bemerkenswerte ist nun, daß ein zweiter dem ersten benachbarter Punkt des Objektes zwar auch nur durch ein ganz kleines Element der Oberfläche hindurch abgebildet wird, daß aber dieses im allgemeinen ganz anders als das erste liegt. So löst sich das ganze Bild auf in ein Mosaik von Bildelementen von oft recht verschiedenem Abbildungsmaßstab. Die kontinuierlichen Linien des Objektes werden nicht nur stark verändert, gebogen, gezerrt, gedrückt, sondern, da die einzelnen Teile sehr verschiedene Intensität aufweisen, praktisch geradezu zerschnitten. Trotzdem vermag der menschliche Sehapparat die Elemente nicht sehr verschiedenen Abbildungsmaßstabes zu einem einheitlichen Bild zusammenzufassen. Das gelingt um so leichter, je weiter ab das Auge ist; je höher also das Luftfahrzeug fliegt, da dann der scheinbare Winkelabstand zusammengehöriger Objektteile kleiner wird. Die Diskontinuitäten bleiben ebenso unterhalb der Beobachtung bzw. der Beachtung, wie die Elemente einer Autotypie. Der ganze Vorgang gleicht überhaupt in vielen Einzelheiten dem Rasterverfahren der Autotypie. Die wellenbewegte Wasseroberfläche ist eine Rasterplatte.

Je größer die Wellenlänge der Wasserwogen ist, um so grobkörniger ist die Rasterplatte; — um so höher muß also das Luftfahrzeug schweben, wenn es Gegenstände im Wasser wahrnehmen will. Es gibt für jeden Fall eine

günstigste Beobachtungshöhe, oberhalb der die Verschleierung des Einblicks ins Wasser durch die Wellen verhältnismäßig gering wird, während darunter ein Einblick unmöglich ist. Ein derartiger Fall liegt z. B. bei der eingangs erwähnten Beobachtung auf Helgoland vor.

Eine wesentliche Besonderheit beim Einblicken durch eine Wasseroberfläche der Natur ist schließlich noch durch die Bewegung der Wellen gegeben, die die einzelnen Bildelemente sich dauernd gegeneinander verschieben läßt. In eine theoretische Erörterung würde natürlich in erster Linie die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen eingehen und ihre Richtung relativ zur Eigenbewegung des Beobachters und des U-Bootes. Die Frage ist indes wegen der vielen hineinspielenden psychologischen Momente nicht leicht exakt zu behandeln.

Im Felde an der Düna, Juli 1916, und in Rumänien, Februar 1917.

Aus der Vorstandswahl ergab sich folgende Zusammensetzung des Vorstandes: Vorsitzender: Geh. Rat F. Richarz, engerer Ausschuß: Stellvertretender Vorsitzender: Geh. Rat E. Korschelt; ferner Geh. Rat E. Schmidt und Geh. Rat F. Tuczek als Beisitzer. Herr F. A. Schulze erklärt sich bereit, die Geschäfte des im Felde stehenden Schriftführers Herrn Thiel, sowie des gleichfalls im Felde stehenden Kassenführers Herrn Lohmann zu führen.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

M 4

Juni

1917

Am 13. Juni fand im Physikalischen Institut eine ordentliche Sitzung statt.

Zunächst hielt Herr v. Dalwigk seinen angekündigten Vortrag: **Einige Fragen aus der Kriegsmathematik.**

Sodann hielt Herr Wetzel (a. G.) folgenden Vortrag:
Versuche zur Theorie der histologischen Fixierung

(Aus dem anatomischen Institut zu Marburg.)

Eine besonders augenfällige Folge der Behandlung tierischer Gewebe mit Fixierungsflüssigkeiten ist die Änderung ihres physikalischen Zustandes. Das vorher weiche Gewebe wird härter. Gerade diese Veränderungen sind bisher nicht berücksichtigt worden. Ihre Kenntnis gehört als ein wesentlicher Bestandteil zur Theorie der histologischen Fixierung.

In dem physikalischen Verhalten eines Gewebsstückes kommt die gute Erhaltung auch der feinsten Gewebs- und Zellenbestandteile zum Ausdruck.

Meine bisherigen Untersuchungen erstrecken sich auf die Bestimmung des Elastizitätsmoduls und der Reißfestigkeit. Die Ausführung solcher Bestimmungen an den eigenartigen tierischen Geweben bot anfangs große Schwierigkeiten. Es gelang aber, sie mit Hülfe einer besonderen Methodik vollständig zu überwinden, so daß ich bei meinen Versuchsreihen gute Werte erhalten habe. Über die technischen Einzelheiten der Ausführung werde ich erst später berichten.

Die hauptsächlichsten Ergebnisse sind folgende:

Der Elastizitätsmodul zeigt sehr verschiedene Werte nach der Einwirkung verschiedener Fixierungsmittel auf ein und dieselbe Gewebesart. Es ist aber meistens eine Erhöhung der Werte zu beobachten. Nur bei wenigen Fixierungsmitteln nimmt die Biegezugfestigkeit ab. Der Widerstand gegen das Zerreißen nimmt dagegen bei Einwirkung einer großen Anzahl von Fixierungsmitteln ab. Welche Verschiedenheiten im einzelnen bestehen, werde ich in meiner ausführlichen Arbeit angeben.

Lasse ich dieselbe Auswahl von Fixierungsmitteln auf verschiedene Gewebe einwirken und ordne sie jedesmal nach der Höhe z. B. der Werte für die Biegezugfestigkeit, dann erhalte ich keine übereinstimmenden Reihen, sondern für jede Gewebesart eine andere charakteristische Reihe. Dies beruht darauf, daß die Fixierungsmittel sowohl fällende Eigenschaften auf gelöste und gequollene Stoffe ausüben als auch solche Gewebsbestandteile verändern, die sich schon vorher in einem festen Aggregatzustand befunden hatten. Diese Einwirkung auf beide Arten von Stoffen ist aber bei demselben Fixierungsmittel ganz verschieden. Zum Beispiel erzielt man mit Formaldehyd an einem zellenreichen Gewebe nur einen niedrigen Elastizitätsmodul, an einem zellenarmen und faserreichen dagegen einen hohen Elastizitätsmodul.

Aus diesen und verwandten Tatsachen ergeben sich theoretische Begründungen für die Tatsache, daß bei bestimmten Geweben auch bestimmte Fixierungsmittel bevorzugt werden.

Auf Grund der fällenden Wirkung der Fixierungsmittel hat A. Fischer vor längeren Jahren Reihen aufgestellt. Die Fischerschen Reihen zeigen keine oder nur eine teilweise Übereinstimmung mit den von mir erhaltenen.

Die Zahlenergebnisse sind in der naturforschenden Gesellschaft zu Marburg ausführlich dargelegt worden; sie werden ebenfalls später veröffentlicht werden.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

***Nr* 5**

Juli

1917

Am 11. Juli fand in der Chirurgischen Klinik eine ordentliche Sitzung statt.

Zunächst sprach Herr Fritz König:

Ueber Anbau und Umbau des Knochens durch funktionelle Anpassung.

Es gibt kaum schönere Beispiele für die Selbstregulierung erlittener Gewebsschäden, als die Umformungen, von mit starker Verschiebung geheilten Knochenbrüchen bei Kindern. Schwere Verkrümmungen verschwinden restlos, stark behindernde Knochenvorsprünge gehen verloren. Systematisch durchgeführte Röntgenuntersuchungen solcher Fälle haben es mir vor Jahren möglich gemacht, diese Tatsache ins rechte Licht zu stellen,¹⁾ und ich möchte mit einem solchen Beispiel, das wir hier beobachteten, beginnen. Wir sehen die schwer verschobene Oberarmfraktur oberhalb des Ellbogens eines Kindes, auf dem zweiten Bild die Heilung, drei Monate später, in starker Verunstaltung. Das obere Bruchstück ist in seiner schiefen Stellung verblieben und ragt als mächtiger Knochenwulst, umgeben von weiteren

1) Die späteren Schicksale difform geheilter Knochenbrüche, besonders bei Kindern. Von Prof. Fritz König. Archiv f. klin. Chir. Bd. 85. H. 1.

Wucherungen, über der Ellenbeuge hervor. Nach ein Jahr und zwei Monaten ist der Arm einheitlich, fast gerade — der die Bewegung hindernde Vorsprung des alten Schaftstückes ist verschwunden, — sodaß der Ellbogen völlig gebeugt werden kann. Heute, drei Jahre später, ist überhaupt keine Abweichung nachzuweisen.

Man hat früher, zu Zeiten von Malgaigne, dieses Aufsaugen der Enden, das in geringerem Grade auch bei Erwachsenen vorkommt, durch Abnützung unter dem Druck der Muskeln erklärt. Aber es werden auch feste Knochenstücke im Inneren verzehrt, diese Erklärung ist also hinfällig. Zu einem vollen Verständnis der Erscheinungen kommen wir erst durch das Studium vom Knochenaufbau überhaupt und der Bedingungen, unter denen er sich vollzieht. Wir betrachten am besten dazu die langen Röhrenknochen.

Auf einem Durchschnitt, oder ebensogut auf dem Röntgenbild erkennen wir, daß sie aus der Rindensubstanz — der Kortikalis, aus den Spongiosabälkchen und endlich aus der knochenfreien Markhöhle bestehen. Im ganzen erscheinen sie wie Träger, die wie v. Meyer und Culmann gelehrt haben, eine ganz feststehende Architektur haben. Von der Wand gehen aufstrebende Bällchen ins Innere, die sich überall rechtwinklig kreuzen, nach aufwärts in der Art eines Gerüsts oder Fachwerks verflechten, und auf denen nun wie eine Querplatte das Knochenende — die Epiphyse — liegt. Ganz besondere Feinheiten zeigt das obere Oberschenkelende, wo die Spongiosabälkchen in den abgescrägten Hals strahlen.

Culmann stellte nun fest, daß dieser ganze Aufbau durchaus den Anforderungen der graphischen Statik entspricht, und er hat zum Vergleich die Anordnung des Krahnbaues herangezogen. Die Bälkchen sind analog den sog. Trajektorien, d. h. den Linien der größten Beanspruchung bei der Belastung. Die Belastung wirkt verschieden auf den konkaven und konvexen Seiten — dort zusammen-

drückend — daher Druckkurven —, hier auseinanderziehend — Zugkurven. Die Gewalt der Belastung ist auf der Druckseite am intensivsten.

Von diesen ganzen Fragen wollen wir hier nur das festhalten, daß in der Struktur des Knochens an den Stellen größter Beanspruchung die größte Knochenmenge sich aufbaut, während an anderen Stellen die Substanz abnimmt und in der Markhöhle sogar verschwindet. Mit anderen Worten, der Knochenaufbau geschieht nach dem Prinzip, die größtmögliche Leistung mit der geringsten Substanzmenge zu garantieren.

Unter Zugrundelegung dieser Lehren hat schon Julius Wolff gezeigt, daß da, wo durch eine schiefe Knochenheilung dieser Aufbau gestört ist, der Knochen in einer Weise neu geformt wird, welche den Ansprüchen wieder entspricht. Entsprechend dem oben aufgestellten Prinzip nehmen die Knochenbälkchen die jeweils erforderliche Richtung an, und sehen wir, daß an Stellen der größten Beanspruchung besondere Verstärkungsleisten auftreten. Die stärkste Belastung auf Druck trägt die Innenfläche des Oberschenkels — hier sehen wir die Verstärkung an jedem normalen Knochen. Sie nimmt geradezu mächtige Dimensionen an bei stärkerer Krümmung und dadurch verstärkter Beanspruchung.

Wir finden also, daß da, wo stärkere Belastung, der eigentlichen Funktion entsprechend auftritt, der Körper durch stärkere Ausbildung antwortet. Die Form bildet sich auf den funktionellen Reiz, und damit haben wir die funktionelle Anpassung, die funktionelle Selbstgestaltung, welche von Wilhelm Roux als das wirksamste Prinzip der Formbildung der Einzelwesen aufgestellt worden ist. Wie hier auf die vermehrte Leistung, Hypertrophie, so folgt an anderen Stellen, die nicht mehr beansprucht werden,

Schwund, Atrophie, und beides in zweckmäßiger Weise die Selbstgestaltung erzeugend.

In diesem Sinne ist unser erstes Beispiel zu verstehen, und ich möchte Ihnen heute Beweise dieser Gestaltung geben an der Hand von Röntgenbildern, die ich von Knochenpräparaten der Sammlung der chirurgischen Klinik habe anfertigen lassen. Es handelt sich um unter starker Verschiebung geheilte Knochenbrüche.

Der gebrochene Knochen wird bekanntlich durch eine zunächst zu große Lötmasse, den Kallus, zusammengescheißt, aus dem sich später unter dem Einfluß der Funktion die Umformung der Knochen entwickelt. Diese Funktion ist einmal die Belastung, dann aber das Spiel der Muskeln, das — in verschiedener Richtung tätig — doch in seinen gegensätzlichen Wirkungen schließlich jener Kraft gleichgestellt werden muß. An allen gebrochenen Knochen sehen wir noch die Verlaufsrichtungen der alten Bruchenden, daneben aber die neue Bildung, die sich an eine Belastungslinie anschließt, die wir uns jedesmal in der Längsaxe gezogen denken müssen. Auf allen Bildern gemeinsam sehen wir Prozesse der Anbildung, der Hypertrophie, neben solchen des Schwundes, der Atrophie, und sie betreffen sowohl die feine Spongiosa, wie die Kortikalis und die Verstärkungsleisten im Knochen.

Ein Oberarmbruch, ein Schlüsselbein, ein Unterschenkel geben diese Formen bis in die feinsten Einzelheiten wieder. Aus dem die recht schiefen Bruchenden vereinigenden Kallus hat sich eine Knochenbildung mit schönster Architektur ergeben, und wir sehen hier wieder die netzförmig gekreuzten Trajektorien der Längsbälkchen aufwärts gegen die Belastung hin streben. Wir sehen ferner aus dieser Anbildung eine Knochenleiste, eine Kortikalis, sich entwickeln, die, namentlich an der Clavicula erkenntlich, an der Konkavseite, mithin an der Stelle des größten Druckes, die größten Dimensionen annimmt. Auch an der Tibia des Unter-

schenkels kommt auf die innere Konkavseite der größte Druck, und wir haben hier an dem völlig neugebildeten, feingegliederten Knochengewebe die mächtige Verstärkungsleiste gebildet, auf deren Bild ich schon bei dem hohen Oberschenkelbruch hingewiesen hatte. Bei einer Fraktur dieser Art, welche Malgaigne in seinem klassischen Werk vor 60 Jahren abbildete, hat er, ohne ihre Bedeutung zu kennen, diese funktionelle Anbildung schön zum Ausdruck gebracht.

Nur noch eins unserer ausgezeichneten Präparate soll zur Demonstration dienen, eine in ihrer Kontinuität unvereinigt gebliebene Tibiafraktur, welche durch einen henkelartigen Knochenansatz seitlich überbrückt und so doch belastungsfähig geworden war. In diesem Henkel gehen die Trajektorien wunderbar in den alten Knochen über, und es hat sich an der konkaven Fläche, welche also dem Hauptdruck stand zu halten hat, eine ganz mächtige Verstärkungsleiste angebildet.

Wir sehen überall in dem alten, noch der Belastung dienenden Knochen die Struktur der neuen Anforderung gemäß verstärkt; neue Systeme entstehen, und in Teilen gänzlich neugebildeten Knochens entwickeln sie sich unter der Funktion. Manche Schenkelhalsfrakturen heilen gar nicht, trotzdem wird das Bein belastet. Dann können im alten Femur Tragestützen an neuer Stelle entstehen. An einem Bilde, das nach einem mir freundlichst von Prof. Jores zur Verfügung gestellten Präparat angefertigt wurde, ist diese Wirkung zu erkennen, die steil aufwärts steigende Kortikalis, die von dem Bilde, wie wir es am normalen Schenkelhals kennen, abweicht. Oberhalb hat sich ein Bruchstück quergelegt und bildet hier das Dach, auf welches die Belastungsleiste hinstrebt.

Wir hatten in dem bisher Besprochenen überall Anbildung durch und an Stellen von Mehrleistung, also Arbeitshypertropie, ihr steht die Rückbildung, die

Atrophie, an Stellen verminderten oder aufgehobenen Gebrauchs gegenüber.

Dadurch wird die ganze innere Architektur verändert. Wir wissen durch Sudeck, daß das ganze Bälkchengefüge sehr rasch atrophieren kann. Wir sehen z. B. an einer Pseudarthrose des Schenkelhalses aus meiner eigenen Sammlung, bei welcher die Funktion der Belastung wegen Nichtgebrauchs wegfiel, das ganze Netzwerk rarefiziert, vergrößert; die charakteristischen Druck- und Zugkurven fehlen. Ja es schwinden die inneren Verstärkungsleisten, die im Schenkelhals so charakteristisch sind; es verdünnt sich die Kortikalis, weil sie keine Last mehr zu tragen hat.

Diese Wirkung trat am schönsten auf der Fraktur des kindlichen Ellbogens hervor, den Sie im Anfang gesehen haben. Mag der Oberarm noch so starke Funktion ausüben, nur ein Teil des alten Schaftes hat Druck- und Zugspannung auszuhalten. An der Hinterfläche hat sich eine neue starke Kortikalis gebildet, die alte fällt hier z. T. in das nicht beanspruchte Gebiet; und an der Vorderseite ist es ebenso. Jene zu Anfang unserer Ausführung besprochene vorragende Spitze des alten Schaftes fällt außerhalb der Inanspruchnahme, deshalb fallen beide Teile der Atrophie anheim. Bei Kindern ist der Prozeß der Umbildung ein sehr rascher; wir sahen die Spitze innerhalb eines Jahres verschwinden. Beim Erwachsenen geht das langsamer, ja es tritt meist gar kein völliger Schwund ein. Schuchardt meinte, daß das Leben wohl meist dazu nicht lang genug wäre.

Daß auch beim Erwachsenen große Teile der Kortikalis durch Nichtbeanspruchung zur Aufsaugung kommen, das zeigen uns aber alle Bilder. Am Oberarm, am Ober-, am Unterschenkel sehen wir die Kortikalis im Inneren schwinden; ja, es kann dadurch vom einen zum anderen Schaftteil die Markhöhle wieder hergestellt werden. Dagegen sind die vorragenden alten Schaftspitzen an der Außenfläche auch

auf unseren Bildern meist noch vorhanden. Gerade an ihnen sehen wir aber einen äußerst instruktiven Vorgang. Sie liegen nämlich außerhalb der eigentlich funktionierenden Kortikalis, außerhalb der Trajektorien, sind mithin außer Funktion. Aus zahlreichen Beobachtungen weiß ich, daß dieses schon früh, beim Beginn der Kallusbildung, entsteht; der neugebildete Kallus schlägt sich unter Freilassen dieser Spitzen von einem zum andern Bruchstück hinüber.

Die bisherigen Ausführungen bezeugen, daß die Selbstregulierung der schiefgeheilten Knochenbrüche in besonders schöner Weise die funktionellè Anpassung unter pathologischen Verhältnissen ins Licht rückt. Wilhelm Roux hat aber diese funktionelle Selbstgestaltung für die Bildung der normalen Knochenform in Anspruch genommen. Es kam ihm darauf an, die wundervolle Zweckmäßigkeit der Knochenstruktur nicht wie früher teleologisch, sondern aus einem mechanischen Geschehen heraus zu erklären. Die Form an sich ist ja da, ist vererbt, aber der spezielle Zuschnitt, der feinere Knochenaufbau geschieht in funktioneller Selbstgestaltung.

Es erschien mir wertvoll, Studien an normalen Skeletteilen von Kindern zu machen, noch bevor die eine wesentliche Funktion, die Belastung, in Wirksamkeit getreten war und in den späteren Jahren. Durch die Güte von Geh.-R, Gasser habe ich einige kindliche Skelette unseres anatomischen Instituts röntgenologisch untersuchen können, das weitere Material lieferten Kinder aus unserem Krankenbestande. Diese Beobachtungen haben zum Teil interessante Ergebnisse gebracht.

Wir haben Skelette von 25 Wochen, von einem halben Jahr, von ein und zwei Jahren, dann wieder von acht Jahren. Im ersten Jahr ist das Auffallendste die gleichmäßige Bildung aller Röhrenknochen im Ganzen, die Undifferenziertheit im feineren Bau. Alle diese Knochen, Oberarm, Oberschenkel, Tibia, sind einfache Stützen, mit einem Kopf oben und

unten. Im Inneren sehen wir ein unregelmäßiges Netzwerk, aus dem alles werden kann. Verdickungen der Kortikalis finden sich, wie das von jeher bekannt, wesentlich in der Mitte der Diaphyse.

Auch am wachsenden Knochen ist es das obere Femurende, das am meisten Interesse beansprucht im Inneren, und in der äußeren Gestaltung und mit diesem wollen wir uns eingehender beschäftigen.

In den früheren Bildern besteht ein Schenkelhals noch kaum; die Epiphyse ist genau wie am Oberarm dem Schaftteil etwa schräg aufgesetzt. Noch im zweiten Jahre fällt die Schwerlinie von der Mitte des Hüftgelenks durch den Kopf und den Schaft ein wenig auswärts von der medialen Kortikalis.

Im dritten Jahre ist der Schenkelhals voll entwickelt, und bei unseren Bildern, einem dreijährigen, einem fünfjährigen Knaben, bei dem Skelett des achtjährigen, sehen wir ihn in der uns geläufigen Form. Der Neigungswinkel des Halses zum Schaft entstand, die Trochanteren entwickeln sich, die Schwerlinie fällt medial vom Knochenschaft herunter durch den inneren Kondyl am Kniegelenk. Im Inneren haben sich die uns bekannte Architektur, die Verstärkungsleiste innen um den Trochanter minor, die Druck- und Zugbalkchen, gebildet; äußerlich ist die breit ausladende Form des oberen Femurendes entstanden.

Kein Zweifel: sie ist geeigneter, die Last zu tragen, durch breitere Exkursionsmöglichkeiten das Gleichgewicht zu erhalten; geeigneter als es das obere Humerusende ist. Die Entwicklung macht den Eindruck des Zweckmäßigen.

Die Annahme liegt nahe, daß auch diese Entwicklung einfach vererbt sei, und ohne weitere Ursache von selbst eintrete. Wir sehen aber, daß Abweichungen vom gewöhnlichen Neigungswinkel vorkommen. Es scheint, daß gewisse Einflüsse außer der Vererbung bedeutsam sind,

und weitere Beobachtungen zeigen: sie sind direkt notwendig.

Von einer ganzen Anzahl — im Ganzen neun — Kindern verschiedenen Alters, welche durch frühzeitige Lähmung verhindert waren, die Extremität zu belasten, ließ ich Röntgenaufnahmen der Hüfte anfertigen. Da zeigt sich nun, daß sie ausnahmslos eine ganz abweichende Form des oberen Femurendes haben. Die Trochanteren sind fast gar nicht zu sehen, der Schenkelhals steigt mit einem maximalen Neigungswinkel in die Höhe, etwa in der Richtung, in der in den ersten zwei Jahren der Kopf aufgesetzt war. Die Schwerlinie fällt etwa in der gleichen Richtung, wie sie in jener ersten Zeit verlief, jedenfalls noch durch den Schaft. Es handelt sich keineswegs immer um volle Lähmungen der ganzen Extremität, vielfach um partielle Unterschenkellähmungen. Die Muskeln der Hüfte und des Oberschenkels sind frei, diese Funktion ist da, aber das Bein ist nicht tragfähig, die Funktion der Belastung fehlt ganz oder doch sehr wesentlich. Die Schwere wirkt nicht voll auf das Bein.

Darin liegt das Wesentliche. Wir haben in dieser Form des oberen Femurendes diejenige Gestalt, welche es von selbst im Wachstum annimmt, wenn der Einfluß der Belastung fehlt. Die Entwicklung des normalen Schenkelhalswinkels ist nicht ererbt, sondern ein Produkt der Funktion, der Belastung.

Wir wissen, daß unter pathologischen Verhältnissen, bei Knochenweichheit, die Belastung zu viel geringeren Neigungswinkeln führt — das ist die Coxa vara. An einem ausgezeichneten Bilde zeige ich Ihnen diese Form, bei der der Knochen dem Druck der Belastung nicht genügend gewachsen war. Der Neigungswinkel ist statt einem stumpfen ein spitzer geworden. Schließlich hat sich die Innenarchitektur diesem neuen Zustand angepaßt, aber die funktionelle Anpassung zur rechten Zeit hat versagt.

Nun gibt es Fälle, bei nicht gelähmten, wo wir jene steile Schenkelhalsform finden, die man die *Coxa valga* nennt. Ich zeige Ihnen ein solches Bild von einem kräftigen jungen Mann, der viele Beschwerden hatte. Die Erklärung ist schwer, aber vielleicht nicht unmöglich.

Die Entwicklung des Oberschenkelhalses gibt uns vielleicht mehr als irgend ein anderes das Verständnis, daß es sich beim Aufbau handelt, wie Roux sagt, um den Kampf der Teile im Organismus gegen äußere Einflüsse. Hier handelt es sich um die Belastung als Funktion. Wo diese Funktion nicht eintritt, da entwickelt sich der Schenkelhals einfach steil aufwärts, die innere Architektur bleibt uncharakteristisch. Diese Form der *Coxa valga* wäre die Gestaltung ohne Einfluß der Belastung.

Wenn die Belastung, der aufrechte Gang eintritt, beginnt der Kampf. Die Last sucht den Schenkelhals umzulegen, der Knochenaufbau sucht, unter Anpassung, die geeignete Gestaltung, um der Mißstaltung zu widerstehen. Die Druck- und Zugkurven, die Verstärkungsleisten entstehen. Bis sie hinreichende Kraft haben, ist infolge der Belastung eine gewisse Neigung des Schenkelhalses entstanden, die wir die normale nennen — das Produkt des Kampfes vor der Beendigung der funktionellen Anpassung.

Nehmen wir einmal an, die reaktiven Kräfte der Teile in der Selbstgestaltung seien stärker, seien rascher entwickelt gewesen, noch ehe die Last den Schenkelhals umzubiegen verstand; dann tritt kein normaler Neigungswinkel ein, es bleibt bei der *Coxa valga*. Vielleicht genügte die Funktion der Muskeln ohne die Belastung, um eine kräftige Knochenarchitektur zu erzeugen. Wir hätten in solchen Fällen dann eine starke Knochenbildung zu erwarten; in unserem Falle trifft das zu, der Organismus ist von vornherein Sieger im Kampf

gewesen — bei der Coxa vara ist er erst spät Herr der Belastung geworden.

So sehen wir, daß bei der normalen Skelettentwicklung wie bei der Ausgleichung der Frakturschäden die funktionelle Selbstgestaltung die größte Rolle spielt. Sie überwiegt im normalen Aufbau die Vererbung. Und wenn wir sehen, daß bei Ausschalten der gestaltenden Belastung durch Lähmung regelmäßig der Schenkelhals eine so völlig vom Typ der Eltern und Vorfahren abweichende Entwicklung nimmt, so werden wir auch nicht glauben, daß die normale Form schließlich vererbt wird, weil mehrere Generationen derselben Spezies diese Gestaltug in der Entwicklung erhalten hatten. Hier kommt es vielmehr bei jedem Individuum auf die Eigenformung hinaus im Kampf der Teile gegen die äußeren Einflüsse. Die hier gemachten Beobachtungen reichen in ihrer Bedeutung auch in das Gebiet der praktischen Chirurgie. Es ist jedoch hier nicht der Ort, darauf einzugehen; ich werde das für eine spätere Bearbeitung aufheben.

Sodann hielt Herr W. Berblinger den Vortrag:

Untersuchungen über Regenerationsvorgänge am schußverletzten Nerven.

Bei der Heilung von Nervenschußwunden kommt es ebenso wie nach der Durchschneidung eines peripheren Nerven zu Regenerationsvorgängen, durch welche sowohl die bindegewebigen Hüllen wie die Nervenfasern, die durch die Verletzung untergegangen sind, ersetzt werden. Ob die Leitung im Nerven in den Neurofibrillen des Achsenzylinders oder in der Perifibrillärsubstanz vor sich geht, jedenfalls ist die Funktion des Nerven eng verknüpft mit der Kontinuität der Achsenzylinder. Von dem Wiederersatz derselben, dem Umfange der Faserneubildung hängt es ab, ob die Folgen der Nervenzerreißung, nämlich die Lähmung der von dem abgetrennten Nervensegment innervierten Organe (Muskelgruppen, Haut) dauernd bestehen bleiben, oder wieder verschwinden. Wird ein peripherer Nerv an irgend einer Stelle zwischen Ganglienzelle und seiner Endverzweigung durchtrennt, so zerfallen in dem mit der Ganglienzelle nicht mehr verbundenen Stück zuerst die Achsenzylinder, bald danach die Myelinscheiden. Das degenerierte Stück ist beim Erwachsenen weder leitfähig noch elektrisch erregbar.

Die abgetrennten Enden eines durchschossenen oder durch ein Projektil nur angerissenen Nerven werden zunächst durch eine bindegewebige Narbe miteinander vereinigt. In dieses Narbengewebe dringen die regenerierten Fasern ein. Daß die Reißflächen der Fasern im Bereich der verletzten Stelle nicht unmittelbar zusammenheilen, steht fest. Der meist vertretenen Anschauung, daß die Faserneubildung durch ein Auswachsen der erhaltengebliebenen Fasern des zentralen Segments erfolgt, ist vielfach die Meinung entgegengehalten worden, daß auch das abgetrennte Stück ohne den Zusammenhang mit der Ganglienzelle neue Fasern

zu bilden fähig sei. Wenn zwar im abgetrennten Segment die Achsenzyylinder und Markscheiden völlig untergehen,* so kommt es doch auch zu einer Zellneubildung, die mit der Bezeichnung sekundäre Degeneration nicht abgetan werden kann. Es vermehren sich nämlich nicht allein die Kerne der Schwannschen Scheiden, sondern diese selbst wandeln sich um in plasmareiche kernhaltige Zellbänder, wobei in etwas späteren Stadien auch eine Streifung des Protoplasmas erkennbar wird. (Bandfasern, Bandstreifen v. Büngner). Die Vorstellung war nun die, daß diese Elemente Bildungszellen für die Fibrillen sind, wofür sich auch der Umstand verwerten ließ, daß selbst am distalen Ende des zentralen Segments, freilich nur auf einer relativ kurzen Strecke, eine gleiche Umwandlung der Schwannschen Zellen zu beobachten ist. Bethe betrachtet die ganze sekundäre Entartung als unmittelbare Folge der traumatischen Schädigung. Nach seinen Experimenten bilden sich die Bandfasern im abgetrennten Teil zu Achsialstrangfasern um, aus diesen gehen jedoch nur bei jungen Versuchstieren Neurofibrillen hervor. Auffallend bleibt allerdings, daß derart autogen regenerierte Fasern sehr rasch wieder zerfallen, es somit wieder zur Lähmung kommt, daß es bei ausgewachsenen Tieren eine Bildung von leitfähigen Achsialstrangfasern oder gar Neurofibrillen ohne Zusammenhang mit der Ganglienzelle nicht gibt. Vortragender beschreibt die Betheschen Versuchsanordnungen, erwähnt die dagegen gemachten Einwände anderer Autoren, hebt indessen hervor, daß ein Auswachsen vom zentralen Stumpfende her auszuschließen ist. In einer früheren Mitteilung¹⁾ befaßte sich Vortragender mit den Beziehungen zwischen der besonderen Beschaffenheit der Nervenschußnarben und der Faserregeneration. An Hand eines größeren Materials wurde seither festzustellen versucht, welchen Bahnen die neugebildeten Fasern innerhalb der Narbe folgen, welche Bedeutung dabei den gewucherten

1) Bärblinger, Zentralbl. für Allg. Pathologie, 26. 1915.

Schwannschen Zellen zukommt. Endlich konnten die Beobachtungen auch einen Beitrag dazu bringen, ob beim Menschen eine autogene Regeneration auftritt. Fälle von totaler Durchtrennung ohne Nervenfasern in der Narbe, völlig ausgebliebene Vereinigung der Enden, ließen sich dazu verwerten.

Für die Erklärung des Regenerationsvorganges ist immer wieder auf die embryonale Entwicklung der Nerven zurückgegriffen worden. Wenn auch von vornherein nicht anzunehmen ist, daß sich alle Entwicklungsstadien bei der Regeneration einfach wiederholen, so lassen sich doch bei einer solchen Betrachtungsweise viele histologische Bilder der Faserneubildung besonders gut verstehen. Schon früher¹⁾ hat Vortragender darauf hingewiesen, welcher Wert in dieser Hinsicht gerade den Heldschen Untersuchungen über die Entstehung des Nervengewebes der Wirbeltiere beizumessen ist. Das Wesentliche der Heldschen Lehre liegt darin, daß „intraplasmatisch in den verschiedensten embryonalen Zellen“ von der embryonalen Ganglienzelle, dem Neuroblasten, aus die Neurofibrillen vordringen, daß dieser Neuroblast „die Besonderheit seiner wachsenden Substanz“ auf diese Bahnen die Plasmodesmen überträgt und sie in Neurodesmen umwandelt. Die Zellen, welche die Wachstumsbahn bilden, gehen aber selbst in die fibrilläre und perifibrilläre Substanz auf. Es liegt danach nicht ein einfaches Auswachsen im Sinne der Ausläufertheorie vor. Held bezeichnet diesen Entstehungsmodus als *neurencytialen*.²⁾

Die Schwannschen Zellen aber, wie sie jeden peripheren Nerven umgeben, sind ektodermaler Herkunft (periphere Gliazellen) und treten bei der Nervenentstehung erst in einem späteren Stadium an die Faser heran. Welche Aufgabe

1) Berblinger, Ärztl. Verein Marburg, Januar 1916, Münchner Med. Woch. 1916.

2) Held, Die Entwicklung des Nervengewebes bei den Wirbeltieren. Leipzig 1909.

gerade diese Elemente haben, erhellt aus den Beobachtungen über den Regenerationsprozeß, wie sie Vortragender an den resezierten Nervennarben und den mitentfernten Nervenstücken des zentralen und peripheren Segments machen konnte.

In allen Fällen war die Faserneubildung vom zentralen Stumpfe her beträchtlich. Das fächerförmige Auseinandertreten der Fasern im Anschluß an das freie zentrale Ende bedingt mit die vielfach als Neurom bezeichnete spindelige Auftreibung. Die erwähnten Bandfasern sind im peripheren Stück wie im zentralen, hier allerdings in ihrer Ausdehnung beschränkt, zu finden. Sie sind aber auch im Bindegewebe der Narbe vorhanden und kontinuierlich bis zum zentralen Segment zu verfolgen. Es läßt sich feststellen, daß die Entwicklung dieser plasmatischen Bahnen dem Auftreten der Achsenzylinder und Neurofibrillen zeitlich vorausgeht, daß diese Elemente jene Zellbänder als Leitbahn benützen. Auch lassen sich in dieser Weise die neugebildeten Fasern bis in den peripheren Stumpf hinein verfolgen. Die Entscheidung darüber, ob es sich dabei immer um regenerierte Fasern handelt, ist nicht leicht. An aufgestellten, mikroskopischen Präparaten, an projizierten Abbildungen derselben, wird gezeigt, wie im zentralen Stumpfe alte markhaltige Fasern in marklose übergehen unter Hervortreten der Neurofibrillen des Achsenzylinders, wie sich um Reste alter Achsenzylinder dünne Remaksche Fasern und Fibrillen winden, die in einem kernhaltigen Plasmaverbande gelegen, als neugebildete gelten können. Ein Teil dieser Fasern endigt in einem sog. Wachstumskolben, d. h. in einer knopförmigen Endanschwellung. Ferner sind echte dichotome Verzweigungen von Fasern anzutreffen, die nicht unmittelbar von einer Schwannschen Scheide umgeben werden, sondern ebenfalls in den genannten Zellbändern verlaufen.

Derartigen Bildungen an den Fasern begegnet man auch mitten in der Narbe. Da jedoch Erscheinungen granulären Zerfalls an den verzweigten Fasern und an solchen mit

Endkolben fehlen, dieses Verhalten in recht alten Narben zu konstatieren ist, so wird man auch hier eine Regeneration annehmen dürfen, zumal gleichzeitig die Bandfasern vorhanden sind. Die Astbildungen weisen hin auf eine Art der Verlängerung alter Axone durch Spaltung und Auswachsen der Fortsätze. Freilich treten recht ähnliche Gebilde auch an degenerierenden Fasern auf. Es ist bekannt, daß die einzelnen Fibrillen eines Achsenzylinders verschieden lange dem Absterben Widerstand zu leisten vermögen. Indem die zentralen Fibrillen früher absterben als die peripher gelegenen, kann eine Astbildung vorgetäuscht werden, wie dies Poschariöky¹⁾ beschrieb. Dann sind jedoch Produkte des Faserzerfalls gleichzeitig noch nachzuweisen. Gerade an den peripher im Achsenzylinder situierten Neurofibrillen des zentralen Stumpfes kann man seitliche mehr oder minder kurze peripheriewärts gerichtete Fortsätze wahrnehmen, die mehr als eine Nekrobiose, d. h. ein verzögertes Absterben, vorstellen. Sie, wie die eigenartigen schraubenförmigen Fasergebilde, — das sog. Perroncitosche Phänomen, die indirekte Regeneration nach Cajal — deuten darauf hin, daß die einzelnen Fibrillen eines Axons, soweit sie mit der Ganglienzelle in Zusammenhang geblieben sind, sich dauernd lebend zu erhalten, fähig sind. Durch die mikroskopische Untersuchung ist freilich vorderhand nicht zu entscheiden, wie das Wachstum der Fibrillen selbst vor sich geht. Was die Endkolben anbelangt, so bleibt es fraglich, ob sie, wie Cajal meint, die Orte des intensivsten Faserwachstums sind, jedenfalls aber hat man es hier mit denjenigen Stellen zu tun, an denen ein Wachstum des Achsenzylinders leicht möglich ist. Auch ihnen ist ein kernhaltiges Plasma vorgelagert. Die umgewandelten Schwannschen Zellen bilden sowohl die Leitbahn wie die Wachstumsbahn für die neugebildeten Fasern. Das will sagen, daß die Fasern durch Wachstum sich verlängern unter Verwendung von

1) Poschariöky, Zieglers Beiträge 41. 1907.

Stoffen, die in dem Plasma der Schwannschen Zellen angesammelt sind. Überall dort, wo neugebildete Fasern frei im Bindegewebe verlaufen, ist ein granulärer Zerfall derselben außerordentlich häufig. Daß Fasern auch außerhalb der erwähnten Leit- und Wachstumsbahn vordringen können, ist nach den Kenntnissen über die Nervenentstehung (H. Held) verständlich. Im Ganzen wird aber dieser Weg nicht häufig beschritten. Die außerhalb der Schwannschen Zellen gelegenen, jungen Fasern sind äußerst dünn, kommen für die erfolgreiche Regeneration kaum in Frage, weil sie eben nicht dauerfähig sind; ebenso wenig wie im allgemeinen die Faserneubildung durch Kollateraläste hierbei eine erhebliche Rolle spielt. Die große Bedeutung der vermehrten und besonders umgeformten Schwannschen Zellen für die definitive Heilung, d. h. für das Vordringen neuer Fasern bis in den peripheren Stumpf, geht auch daraus hervor, daß mit der Entfaltung der Fibrillen in den Zellbändern letztere sich zurückbilden. Die grobmorphologische Struktur des abgetrennten, gelähmten Nerven, in den Fibrillen nicht eingewachsen sind, erhält sich, wie Vortragender zeigt, noch über Jahr und Tag.

Andererseits bleiben auch im zentralen Segment weit länger als man dies durch den Tierversuch weiß, die Zerfallsprodukte der nackten wie markhaltigen Fasern nachweisbar. Da der Markabbau bei dieser verlangsamten Entartung in manchem verschieden ist von der Form, unter welcher er im traumatisch geschädigten und sekundär degenerierten Nerven erfolgt, so ist vielleicht außerdem an eine toxische Degeneration auch alter Fasern dieses Abschnittes zu denken. Vortragender wird an anderer Stelle darauf zurückkommen. Was die Frage nach einer autogenen Regeneration beim Menschen anbelangt, so haben die Untersuchungen des Vortragenden Anhaltspunkte für eine solche nicht ergeben. Total abgetrennte Stümpfe erwiesen sich als völlig fibrillenfrie. Damit übereinstimmend blieb klinisch

eine vollkommene Lähmung bestehen. In diesem Zusammenhang wird ein nach Edingers Kalbsarterien-Agarmethode vergeblich tubulisierte Nervus ulnaris gezeigt. (Präparat von Herrn S. R. Dr. Müller, Merseburg, eingehende Beschreibung erfolgt anderwärts.) Die beiden Nervenstümpfe stehen weit auseinander. Das übergestülpte Gefäßrohr ist angefüllt mit einem weichen Brei. Vom zentralen Ende her ist keine Faserverbindung mit dem peripheren Stück zustande gekommen. Die kolbige Anschwellung am peripheren Nervenstumpf, das sog. periphere Neurom, wird gebildet durch ein Granulationsgewebe, das viele mehrkernige um Agarreste gelegene Zellen enthält.

Eine ausführliche Darstellung der seit einiger Zeit abgeschlossenen Untersuchungen unter Berücksichtigung der Literatur wird in Zieglers Beiträgen erscheinen. Edinger hat in einem vor kurzem erschienenen Artikel eine Vorstellung geäußert, die sich an die Heldsche Lehre von der Nervenentstehung anschließt, Befunde mitgeteilt, die mit denen des Vortragenden in Manchem übereinzustimmen scheinen. Edinger weist in der zitierten Arbeit darauf hin, daß bei einer Füllung der interponierten Kalbsarterie mit Serum (Eigenserum der Versuchstiere) bessere Erfolge zu verzeichnen waren. Auf Grund der von dem Vortragenden festgestellten Beziehungen zwischen plasmatischen Zellbändern und regenerierten Fasern beim Menschen muß indessen bei starker Diastase der Nervenstümpfe die freie Nervenplantation, von Bethe Stracker und anderen an Tieren versucht, von Spielmeyer befürwortet, therapeutisch ebenfalls aussichtsvoll sein.

Edinger: Deutsche Mediz. Wochenschrift. 25. 1917.

Zum Schlusse zeigte Herr F. R i c h a r z merkwürdige Röntgenaufnahmen von Herrn Dr. F l ö ß n e r.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

Nr 6

Dezember

1917

In der Sitzung vom 12. Dezember hielt zunächst Herr
E. J a e n s c h folgenden Vortrag:

Die experimentelle Analyse der Anschauungsbilder als Hilfsmittel zur Untersuchung der Wahrnehmungs- und Denkvorgänge

(nach Untersuchungen der Herren Herwig, Kroh, Reich
und des Vortragenden).

Vortragender hat in Gemeinschaft von Mitarbeitern die
sog. „Anschauungsbilder“ (Urbantschitsch) untersucht. Es
gibt Individuen, die die Fähigkeit besitzen, eine Vorlage,
selbst nach kurzdauernder Betrachtung, später mit sinnlicher
Deutlichkeit vor sich zu sehen, entweder nur unmittelbar
nachher oder auch nach längerer Zwischenzeit. Spontanes
Auftauchen solcher Bilder, auch in neuen Kombinationen und
mit mannigfachen Veränderungen gegenüber dem Urbild,
kommt vor.

Entsprechende Anschauungsbilder (auch „Wiederholungs-
empfindungen“, „Erinnerungsnachbilder“, Erscheinungen von
„Sinnengedächtnis“ genannt) gibt es im Bereiche des Gehörs
und noch einiger anderer Sinne.

Schon die älteren Berichte beweisen, daß das Anschau-
ungsbild im allgemeinen wohl verschieden ist: 1. von
dem Erinnerungsbild, das sich einstellt, wenn wir etwa

an eine Landschaft denken, 2. von dem physiologischen Nachbild, welches nur im unmittelbaren Anschluß an eine stärkere optische Reizung, und nur kurz dauernd auftritt; so wenn wir in die Sonne blicken und dann deren Bildchen abwechselnd hell und dunkel vor uns sehen (positives bzw. negatives Nachbild).

Nachdem verschiedene ihre eigenen Anschauungsbilder beschrieben hatten (Goethe, Anatom Henle, Physiolog Joh. Müller, G. Th. Fechner u. a.), erbrachte die grundlegende Arbeit von Urbantschitsch (1907) erstmals ein größeres Beobachtungsmaterial. Nach diesem wichtigsten Schritt bestand die nächste Aufgabe darin, den bisher im wesentlichen beschreibend behandelten Tatsachenkreis mit den exakten Hilfsmitteln der Wahrnehmungspsychologie experimenteller Analyse zu unterwerfen. — Die Ergebnisse, welche monographisch dargestellt werden sollen, werden hier nur insoweit berührt, als es nötig ist, um die von der Untersuchung eingehaltenen Methoden, die von ihr verfolgten Ziele und behandelten Gebiete zu skizzieren.

I. Die Methode.

Es ist in der Wissenschaft ein nicht seltener Entwicklungsgang, daß Erscheinungen, die man zunächst als Kuriositäten oder Abnormitäten betrachtete, später zu regulären, gleichsam normalen Hilfsmitteln der Forschung werden. Die Anfänge der Elektrizitätslehre liefern hierfür manche Beispiele. In unserem engeren Gebiet sind die geometrisch-optischen „Täuschungen“ aus einer Kuriosität zu einem vielbenutzten Forschungsmittel der Wahrnehmungslehre geworden. Unsere gegenwärtige Untersuchung nun entkleidet die Anschauungsbilder ihres vermeintlichen Charakters von Kuriositäten und Abnormitäten, rechtfertigt ihre Verwendung als Hilfsmittel der allgemeinen Wahrnehmungs- und Denkpsychologie, stellt sie in das reguläre Handwerkzeug

dieser Arbeiten ein. Jene Legitimierung wird durch die Ergebnisse der Untersuchung selbst, und zwar im wesentlichen auf vier Wegen vollzogen:

1. Die zuweilen mit Bedenken aufgenommenen Angaben der Beobachter gestatten in weitem Umfang eine objektive Kontrolle durch das Experiment und gewinnen dadurch den Charakter wissenschaftlich registrierbarer Tatsachen.

Dieser erste Weg mag an einem einfachen Beispiel, den Farbenmischungsversuchen, erläutert werden. Bekanntlich ergibt die Mischung eines rein-gelben und eines rein-blauen Lichtes, bei geeigneter Wahl des Mengenverhältnisses beider Anteile, die Empfindung Grau. Der Laie aber pflegt auf Grund der Erfahrung mit Pigmenten, etwa Tuschfarben, Grün als Mischungsergebnis zu erwarten.

(Allerdings entsteht beim Zusammenrühren einer gelben und einer blauen Tuschfarbe Grün. Hierbei aber liegt etwas ganz anderes vor als eine Mischung (Addition) gelben und blauen Lichtes. Wenn man eine gelbe und eine blaue Tuschfarbe zusammenrührt und auf ein weißes Blatt aufträgt, so ist der physikalische Effekt ganz entsprechend, wie wenn man gelbe und blaue Gläser aufeinander legt und durch diese Kombination das weiße Blatt betrachtet. Das weiße Blatt würde alle Strahlengattungen — Rot, Gelb, Grün, Blau, Violett — ins Auge werfen. Die Gläserkombination aber läßt nur die grünen Strahlen hindurchgehen, weil das gelbe Glas die violetten und blauen Strahlen, das blaue Glas die roten und gelben Strahlen absorbiert. Grün ist also das Ergebnis dieses Subtraktionsprozesses, der von einer echten Addition gelben und blauen Lichtes scharf zu unterscheiden ist. — In dieser Beobachtung an Pigmenten gründet der verbreitete Irrtum, daß die Mischung von Gelb und Blau Grün ergebe.)

Der Versuch wird an Beobachtern durchgeführt, welche jene irrige Ansicht hegen. Man läßt ein blaues Quadrat be-

trachten und hiervon ein Anschauungsbild erzeugen; sodann bringt man genau an die Stelle des Anschauungsbildes ein gleichgroßes gelbes Quadrat, sodaß das wirkliche gelbe Quadrat und das blaue Anschauungsbild aufeinanderfallen. Abgesehen von Fällen, die eine genauere Besprechung erfordern würden, wird dann die Mischfarbe, also bei geeigneter Objektwahl *G r a u* gesehen (Herwig), ein Ergebnis, das bestimmt nicht auf Suggestion zurückführbar ist, weil der Beobachter als Mischungsresultat, seiner irrigen Ansicht gemäß, Grün erwartet. — Noch beweiskräftiger, nur nicht ebenso kurz darzustellen, ist die Übertragung quantitativer Wahrnehmungsversuche auf die Anschauungsbilder.

2. Wird auf diesem ersten Wege die *O b j e k t i v i t ä t*, so wird auf einem zweiten die *N o r m a l i t ä t* der Erscheinung dargetan. Die zunächst, und im wesentlichen überhaupt, an Studierenden gewonnenen Ergebnisse wurden später an einer größeren Zahl jüngerer Personen nachgeprüft, natürlich mit der Vorsicht und Rücksichtnahme, die die erste Regel solcher Unternehmungen bildet. Die erhaltenen Zahlenwerte lehren, daß die Eigenschaft im jüngeren Alter keine Abnormität, sondern das Kennzeichen eines weit verbreiteten Typus ist (Kroh).

Durchschnittsalter der Gruppe	Gesamtzahl der Knaben, die die Gruppe bilden	In der Gruppe sind optische Anschauungs- bilder nachge- wiesen bei	Somit bei
14 ¹ / ₂ Jahr	27	10	37 % ₀
13 ¹ / ₂ „	42	16	38 % ₀
12 „	20	9	45 % ₀
11 ¹ / ₂ „	30	11	37 % ₀
11 „	56	21	38 % ₀
10 „	30	9	30 % ₀

Zusammenfassend ist zu sagen, daß in einer Gruppe von 205 Knaben im Durchschnittsalter von 10—14½ Jahren bei 76, d. h. bei 37 %, optische Anschauungsbilder sicher nachgewiesen werden konnten. Akustische Anschauungsbilder sind bedeutend seltener. Die Werte beanspruchen zunächst nur für hiesige Verhältnisse Gültigkeit, da manche Einzelheiten das Bestehen lokaler Unterschiede wahrscheinlich machen.

Erinnert man sich daran, daß die Anschauungsbilder oft als etwas Abnormes betrachtet werden, und vergleicht man hiermit die obigen Werte, so erhellt deutlich das Unzutreffende der verbreiteten Ansicht, daß uns das jugendliche Seelenleben bekannt sei, und daß es der Erforschung kaum bedürfe.

3. Der zweite Weg hatte die Normalität der Erscheinung in dem eingeschränkten Sinne dargetan, daß es sich bei ihr um einen weitverbreiteten Typus handelt. Der dritte Weg zeigt, daß jene Einschränkung die Anschauungsbilder als allgemeines Forschungsmittel der Wahrnehmungs- und Denkpsychologie nicht entwertet und darum unserem Hauptzweck nicht im Wege steht. Es läßt sich nämlich dartun, daß die Eigenschaften der Anschauungsbilder nur graduelle Steigerungen von Eigentümlichkeiten sind, die sich in abgeschwächtem Maße und in rudimentärer Form auch bei den gewöhnlichen Gedächtnisvorstellungen und Wahrnehmungen wiederfinden.

Indem wir also z. B. die Untersuchung über die Gedächtnisvorstellungen und ihre psychische Verarbeitung mit Hilfe der Anschauungsbilder führen, handeln wir im Grunde nicht anders als der Naturforscher, der ein Objekt bisher nur mit unbewaffnetem Auge betrachtete und dann zur vergrößernden Lupe greift, oder der Paläontologe, der seine Rekonstruktionen an besonders gut erhaltenen Objekten ausführt. Man hat in den letzten Jahren eine „darstellende Psychologie“ gefordert (Baade), welche das im Bewußtsein Vor-

handene herausstellen, gleichsam sichtbar machen soll. Diesem Postulat zu genügen, ist die Methode vorzüglich geeignet.

Daß aber die Anschauungsbilder sowohl der Empfindungs- und Wahrnehmungspsychologie wie der Denkpsychologie dienen können, hat seinen Grund darin, daß es unter ihnen verschiedene Typen gibt. Einfache nach Intensität und Dauer außerordentlich gesteigerte physiologische Nachbilder — Gedächtnisvorstellungen von sinnlicher Lebhaftigkeit: das sind die beiden diametralsten Punkte einer Reihe, welche alle möglichen Übergangsfälle aufweist. Wünscht man diesen Tatbestand durch einen anschaulichen Vergleich erläutert zu sehen, so erinnere man sich, wie im Spektrum zwischen dem reinen Rot und dem reinen Gelb die rot-gelben Orangefarben eingeschaltet sind, die teils zu dem einen Endpunkt (Rot) teils zu dem anderen (Gelb) nähere Verwandtschaft zeigen *). Sinnlich deutlich aber sind auch die vorstellungsnahen Anschauungsbilder; unsere Untersuchung nämlich zeigt — gegen Hume und im Einklang mit Störing —, daß es nicht die Deutlichkeit ist, die den wesentlichen Unterschied zwischen Empfindung und Vorstellung begründet.

4. Ein vierter Weg nimmt seinen Ausgang umgekehrt von den früher allein studierten Erscheinungen, z. B. den gewöhnlichen Gedächtnisvorstellungen, und sieht zu, ob sich bei einer Steigerung ihrer Deutlichkeit (welche erreichbar ist), entsprechende Ergebnisse wie bei den Anschauungsbildern einstellen.

II. Beispiele von behandelten Gebieten.

1. Was nun die der Methode zugänglichen Gebiete betrifft, so lassen sich schon im einfachsten Fall, dem gesteigerten physiologischen Nachbild, wichtige Fragen lösen. Bei-

*) Es handelt sich m. a. W. um parametrische Bildungen.

spielsweise ergab sich die Entdeckung von Urbantschitsch, daß die Anschauungsbilder bei manchen nur farblos, gleichsam total-farbenblind sind, als Sonderfall einer allgemeineren Erscheinung: daß sich nämlich im Nachbild bekannte Typen von Farbenblindheit finden, und zwar bei Personen, die beim gewöhnlichen Sehen nicht farbenblind sind (Herwig), eine Feststellung, welche eine hergehörige Mitteilung A. Guttmanns beträchtlich weiterführt.

2. Die Übergangsfälle haben sich für die Fragen nach der psychischen Verarbeitung der Empfindung, besonders für das Studium ihrer Abhängigkeit von der Erfahrung, als äußerst fruchtbar erwiesen.

3. Die auf die Anschauungsbilder gestützten denkpsychologischen Untersuchungen arbeiten mit vorstellungsnahen Bildern (vgl. I, 3), im Grenzfall mit Vorstellungen, die die sinnliche Deutlichkeit von Wahrnehmungen besitzen. Das Verfahren gestattet darum, die bewährten und durchgearbeiteten Methoden der Wahrnehmungspsychologie auf das umstrittene Gebiet der Denkpsychologie zu übertragen; es verleiht hiermit der Lehre von den Denkvorgängen den in der Wahrnehmungspsychologie erreichbaren Exaktheitsgrad. Indem das Verfahren insbesondere auch die Neubildung von Denkerzeugnissen zu erforschen gestattet, entgeht es dem gegen die „Würzburger Schule“ gerichteten Einwand (Cassirer u. a.), daß die bisherige experimentelle Denkpsychologie bestenfalls das Verstehen fertiger, nicht die Erzeugung neuer Denkakte ergründe.

4. Der Aufgabenkreis dieser Untersuchungen sei an einigen Beispielen etwas näher geschildert.

Die in der Logik seit Jahrhunderten herrschende aristotelische Begriffstheorie ist in der Gegenwart vielfach nachgeprüft, teils von neuem gestützt (B. Erdmann), teils eindringlich bestritten worden (Cassirer). Jene Begriffstheorie ruht auf der Annahme, daß die übereinstimmenden Merkmale einer Klasse von Individuen durch ihre Wiederkehr

im Geist einander verstärken, die differenten einander schwächen, sodaß die differenten Merkmale schließlich ausfallen, die übereinstimmenden festgehalten werden. Die Annahme läßt sich durch die Galton'schen Typenphotographien erläutern, bei denen durch den Aufeinanderdruck verschiedener Photographien ein Typus, etwa der Typus des Negers, zur Darstellung gebracht wird, da die übereinstimmenden Züge der Einzelbilder einander verstärken, die differenten einander schwächen.

Gegen die Existenz und Möglichkeit, vor allem (Cassirer) gegen die Fruchtbarkeit derartiger Bildungen sind berechtigte Bedenken geäußert worden. Die Begriffsbildung, nach aristotelischer Vorschrift durch immer zunehmende Weglassung differenter Merkmale vollzogen, führt zu Bildungen, wie dem kindlichen „Wauwau“, welcher alles bewegte Vierbeinige — Hund, Katze, Pferd etc. — umfaßt und bei weitester Fortsetzung zu dem gänzlich leeren Begriffe des „Etwas“. Derartige Bildungen sind weit davon entfernt, fruchtbar zu sein, vielmehr stellen sie gegenüber dem Reichtum der entwickelten Wahrnehmung einen Rückschritt dar, weil sie inhaltsärmer sind als diese. Da nun aber wissenschaftliche Begriffe in dem eben festgelegten Sinne „fruchtbar“ sind, so könne der aristotelische Gattungsbegriff die ihm von der Tradition beigelegte Bedeutung nicht besitzen.

Wissenschaftliche Unstimmigkeiten sind oft darin begründet, daß man die hochverwickelten früher als die einfachsten Erscheinungen eines Gebietes untersucht hat (Descartes). Während die Begriffsuntersuchungen an dem hochentwickelten wissenschaftlichen Begriff orientiert zu sein pflegen*), läßt sich mit der beschriebenen Methode

*) Entsprechend dem Ausgangspunkt der meisten dieser Untersuchungen von der Logik, die die Normen des richtigen Denkens untersucht und hierbei mit Recht von den idealvollendeten Denkformen ausgeht.

das Wesen der elementarsten und einfachsten Begriffsbildung aufdecken. So kann man beispielsweise verschiedene Gegenstände darbieten, um dann zuzusehen, ob das Anschauungsbild eine Synthese der Einzelwahrnehmungen vollzieht, und von welcher Art die Synthesenformen sind, die hier vorkommen. Eine solche Untersuchung klärt die angedeuteten Streitpunkte in eindeutiger Weise. Die Existenzfrage löst sich dahin, daß der aristotelische Gattungsbegriff in der Tat eine vorkommende Synthesenform ist. Die Möglichkeitsfrage wird beantwortet, indem sich Verhaltensweisen ans Licht ziehen lassen (Reich), mit denen das Bewußtsein die theoretisch geltend gemachten Schwierigkeiten dieser Synthese überwindet. In der Fruchtbarkeitsfrage ist auf die Mannigfaltigkeit der Synthesenformen hinzuweisen, die die Untersuchung neben dem aristotelischen Gattungsbegriff aufzeigt, Formen, die in der Psychologie teilweise unbekannt und unbeachtet sind, gleichwohl aber die elementare Wurzel fruchtbarer und bekannter wissenschaftlicher Begriffsbildungen darstellen. — In ähnlicher Weise sind Fragen der Urteilslehre, z. B. das Problem des Vergleichs und der Relationserkenntnis, untersucht worden.

5. Der Gesichtspunkt des Wertes, in der positivistischen Epoche aus der wissenschaftlichen Erörterung fast verschwindend, erfährt seit Lotze in der Erkenntnislehre wieder nachdrückliche Betonung. Indessen pflegt die richtunggebende Herrschaft der Werte von der zeitgenössischen Philosophie nur im Gebiet des sog. höheren geistigen Lebens behauptet zu werden. Brentano zwar hat den „intentionalen“ Charakter (bestehend in dem „Gerichtetsein auf etwas“) als einen Grundzug alles geistigen Geschehens behauptet, aber doch entsprechend seinem Ausgang von scholastischen Studien, nur für das höhere Geistesleben dargetan. Die neufichtesche Schule (Rickert), die ihr Arbeitsfeld ihrer historischen Wurzel gemäß ähnlich begrenzt, läßt die Herrschaft der Werte erst bei denjenigen geistigen Akten ein-

setzen, die, wie das wahre Urteil und der logisch richtig gebildete Begriff, den Charakter der „Geltung“ besitzen.

Allein die Gründe, welche dort die Einführung des Begriffs der „Intentionalität“ erfordern, sind auch in jenen Niederungen des geistigen Lebens maßgebend, die man vielfach von der Wissenschaft der Zukunft „rein mechanisch“ erklärt oder gar aus einer „Weltformel“ abgeleitet zu sehen erwartet (Rickert). Eine ihrer Hauptstützen erblicken jene Theorien, die den intentionalen Gesichtspunkt betonen, in der Lehre vom logisch gebildeten Begriff. Rickert insbesondere hat dargetan (1888, 1915), daß auch die rein-wissenschaftliche Begriffsbildung nicht allein vom Material, sondern ebenso sehr von Intentionen abhängt, die auf „Ziele“ („Ideen“) gerichtet sind. Unter Gesichtspunkten, also durch intentionale, „gerichtete“ Akte erfolgt die Scheidung zwischen „wesentlichen“ und „unwesentlichen“ Merkmalen, die Ausmerzung dieser, die Festhaltung jener, und damit die Bildung des Begriffes.

Wenn nun aber mit Bezug hierauf „das vom Willen geleitete, absichtliche „Denken“ . . . dem „natürlichen“ durch psychologische Gesetze bedingten Vorstellungsverlauf“ gegenübergestellt wird (Rickert), so ist auf den genau entsprechenden, unter Gesichtspunkten festhaltenden und ausmerzenden Selektionsprozeß zu verweisen, den selbst schon das unwillkürlich arbeitende Sinnengedächtnis vollzieht. Auch das Sinnengedächtnis hält das dargebotene Material nicht wahllos fest, ist bei seinen Leistungen auch nicht etwa nur von der Häufigkeit der Darbietungen und der Eindringlichkeit des Objektes abhängig, sondern vollzieht eine von Gesichtspunkten geleitete Selektion, ähnlich der, welche Aall durch den Nachweis von „Greifmomenten“ beim gewöhnlichen Lernen aufzeigte (1912). Die Selektion unter Gesichtspunkten erscheint dem Untersucher anfangs als eine der befremdlichsten, bei wei-

terem Eindringen aber als eine der beherrschenden und allgegenwärtigen Tatsachen im Bereich des Sinnengedächtnisses.

In der Farbenlehre hat sich die (unter anderem Namen) von Katz eingeführte Unterscheidung von „bloßen Farbenphänomenen“ und „Gegenstandsfarben“ als fruchtbar erwiesen: auch bei gleicher Nüance würde ein „bloßes Farbenphänomen“, wie es z. B. im Rohr eines Spektralapparates sichtbar ist, eine ganz andere Erscheinungsweise zeigen als die Oberfläche eines Gegenstandes; indes gibt es zwischen beiden Erscheinungsweisen Übergänge (ganz homogene Papiere, rotierende Scheiben). Die Selektion unter dem Gesichtspunkt der Gegenständlichkeit, andeutungsweise in den meisten Fällen vorhanden, war bei manchem Sinnengedächtnis so ausgeprägt, daß wir hier bei Farbenuntersuchungen auf die gewöhnlichen Hilfsmittel der wissenschaftlichen Optik verzichten und zu Blumen unsere Zuflucht nehmen mußten. Sie, nicht aber homogene Papiere von gleicher Farbe gaben deutliche Anschauungsbilder. Wichtige Tatsachen der Farbenlehre finden von hier aus ihre Erklärung: die Abhängigkeit der Farbenkonstanz vom Bewußtsein der Gegenständlichkeit (dargetan in einer anderen Arbeit des Instituts), die Abfolge der Kontrastgesetze aus der Tatsache konstanter Dingfarben (diese Berichte 1917, Nr. 1).

6. Das bei den ausgeprägt kalotropen Sinnengedächtnissen waltende Selektionsprinzip läßt die Rolle verstehen, die die Anschauungsbilder im Schaffen vieler Dichter spielten (Goethe, Otto Ludwig, Rosegger, Agnes Günther u. a.). Die spontanen Anschauungsbilder der ausgesprochen Kalotropen zeigen nur Wohlgefälliges, wenn auch einzelne disharmonische Züge innerhalb eines im Grunde doch harmonischen Ganzen vorkommen. Durch Versuche mit Anschauungsbildern nach Vorlage läßt sich zeigen, wie hier Häßliches ausgestoßen, oder ersetzt und idealisierend umgebildet wird. — Das in dieser Weise Geschaute aber drängt fast zwingend zum Ausdruck und damit zur mehr oder weniger

künstlerischen Produktion. „Man muß sich über die Anschauungsbilder aussprechen“, sagen unsere Gewährsmänner immer wieder; Ungelenke werden beredt, und im Besitz von Kindern findet man ganze vollgeschriebene Hefte (Kroh). Kalotropismus und Ausdruckstendenz der Anschauungsbilder sind wichtige Quellen poetischen Schaffens.

7. Der umfassende, hier nur angedeutete Tatsachenkreis der Selektionsprinzipien beweist, mit wie gegründetem Recht Franz Brentano in der Struktur der intentionalen Erlebnisse einen weit verbreiteten Grundzug geistigen Geschehens erblickte.

8. Indes dürfte die Bedeutung dieses Tatsachenkreises aus dem engeren Gebiet der Psychologie in das weitere der allgemeinen Naturphilosophie hinüberreichen. Auch unter ihrem Gesichtswinkel ist es bemerkenswert, daß sich die allgemeine Struktur des höchsten Geistesgeschehens, nämlich die Eigenschaft von Gesichtspunkten geleitet zu sein, in jenen Niederungen seelischen Lebens wiederfindet, wo die Vorgänge dem Willen entzogen sind und der herkömmlichen Ausdrucksweise nach „rein naturhaft“ verlaufen. Da nämlich die Eigenschaft, von Gesichtspunkten geleitet zu sein, gerade das unterscheidende Merkmal teleologisch-bestimmter Vorgänge ist, so erscheint es nicht aussichtslos, das alte Teleologieproblem in engster Anlehnung an die Einzelwissenschaft, und mit deren eigenen Hilfsmitteln, der Lösung näherzuführen, eine Aufgabe, die sich umso unabweisbarer erhebt, je weniger der Lösungsversuch Darwinscher Zufallstheorie heute noch befriedigt (Oscar Hertwig 1916).

9. Zu den einzelnen Selektionsprinzipien uns zurückwendend, erkennen wir aus den philotropen Sinnengedächtnissen besonders klar die Bedeutung des Tatsachenkreises für den werdenden Menschen: So, wenn ein Student zwei sehr ähnliche Fächer, das eine aber mit Neigung, das andere mehr gezwungen treibt, und wenn im letzte-

ren die Anschauungsbilder sich verändern, miteinander verschmelzen, darum stören und zu Irrtümern Anlaß geben, während sie in dem anderen, ihm lieberem Fache — bei nicht größerer Kompliziertheit der Objekte, — treu und unverändert beharren und die Grundlage des Fachwissens bilden; oder wenn ein Knabe die feinsten Einzelheiten eines mikroskopischen Präparates nach einer Woche aus dem Anschauungsbilde mit erstaunlicher Genauigkeit beschreibt, die korrekte Orthographie aber nicht zu erlernen imstande scheint. — Wie bei Erwachsenen mehrfach ein Zusammenhang zwischen Anschauungsbildern und Berufswahl festgestellt werden konnte, so pflegt sich bei Knaben das Berufsideal in den spontanen Anschauungsbildern unverkennbar zu spiegeln (Kroh). Die philotropen Sinnengedächtnisse zeigen die tiefe Berechtigung, mit der die Herbart-Ziller'sche Pädagogik das „Interesse“ betont, in neuem Lichte. Auch die pädagogische Psychologie wird an einer Erscheinung nicht achtlos vorübergehen können, die so verbreitet ist, die sich gerade auch bei prominenten Kulturträgern fand, die so sichtbaren Vorteil, aber auch recht nachhaltigen Schaden bringen kann; letzteres, wenn etwa spontane Anschauungsbilder die Umwelt verdrängen und von ihr die Aufmerksamkeit aufs stärkste ablenken. Die pädagogische Psychologie könnte durch Unbeachtetlassen solcher Tatsachen dem oft gehörten Vorwurf recht zu geben scheinen, „daß wir die unbekannten Kräfte der Kindesseele nicht üben und auswerten und sie schließlich verkümmern lassen“ (Künstler wie Hildebrand, Naturforscher wie Virchow). Um jedoch zu verhüten, daß der Sache pädagogischer Psychologie, wie mehrmals, durch Übereifer geschadet werde, sei von vornherein bemerkt, daß so verantwortungsreiche Nachforschungen nicht von j e d w e d e r Instanz, sondern nur mit großer Vorsicht, frei von vorgefaßten pädagogischen Tendenzen, zu führen sind.

10. Aufmerksamkeit verdient der Tatsachenkreis auch im Hinblick auf die Bestrebungen psychischer Hygiene

und Prophylaxe. Daß hergehörige Individuen bei Einwirkung einer tiefer greifenden Schädlichkeit halluzinatorisch erkranken können, geht schon aus unserem Material hervor und ist ein Spezialfall der allgemeineren Beobachtung, daß der Symptomenkomplex geistiger Erkrankungen oft in hohem Maße von einer dauernden psychischen Disposition abzuhängen scheint (Hoche). Die Grenzfälle erfordern unter prophylaktischem Gesichtswinkel eine erhöhte Beachtung.

Wenn auch die Anschauungsbilder, wie schon aus den Zahlenwerten ihres Vorkommens erhellt, im allgemeinen nicht als eine pathologische Eigentümlichkeit gelten können, so gibt es doch zwei Kriterien, welche nötigen, eine kleine Anzahl von Fällen aus der Masse der übrigen herauszulösen und dem Bereich der Abnormitäten zuzuweisen. Das erste Kriterium tritt dann in Kraft, wenn die Anschauungsbilder an den Eigentümlichkeiten eines krankhaft veränderten Vorstellungslebens Anteil gewinnen, also entsprechende Eigentümlichkeiten wie dieses zeigen. Natürlich können sich Anschauungsbilder auch bei einer psychopathischen Konstitution, etwa bei der sog. „obsessiven“ finden, welche durch die Neigung zu Zwangsvorstellungen charakterisiert ist. Zwangsvorstellungen sind Vorstellungen, die sich gegen den Willen, selbst bei lebhafter Abneigung, dem Bewußtsein aufdrängen. In dieser selben Form können bei obsessiven Konstitutionen auch optische und akustische Anschauungsbilder auftreten (Kroh), die dann, anders wie im Gros unserer Fälle, auch als störend oder krankhaft empfunden werden. Eine wichtige Sonderform der Zwangsvorstellungen bilden die kontrastierenden, bei denen sich ein zur gegenwärtigen Situation oder zu den Willensakten kontrastierender Inhalt aufdrängt. Wenn nun derartige Konstitutionen die Fähigkeit zu Anschauungsbildern besitzen, so können auch diese einen kontrastierenden Charakter zeigen; es werden dann nach dem bezeichnenden Ausdruck eines Gewährsmannes „angreifende“ Bilder gesehen oder „angreifende“

Stimmen gehört, z. B. solche bedrohender oder beschimpfender Art (Kroh). Durch das gleichzeitige Vorhandensein von Anschauungsbildern, das an sich nicht krankhaft wäre, gewinnt hier die obsessive Konstitution eine besondere Färbung, durch die sie in die Nähe eines wohlbekannten, schwereren Zustandsbildes rückt.

Es gibt indessen anomale Anschauungsbilder, die mit keiner allgemeineren Konstitutionsabweichung in nachweisbarem Zusammenhang stehen. Ihre Aussonderung wird ermöglicht durch ein zweites Kriterium: Vergleich des Einzelfalles mit dem durch die Massenuntersuchung erarbeiteten Gesamtbild. Zu diesen anomalen Formen gehören z. B. Fälle, in denen anscheinend durch spezifische Uebung eine weitgehende Abänderung normaler Wahrnehmungsvorgänge herbeigeführt worden war. Das Kind ist ja stets geneigt, seine verschiedenen Fähigkeiten im Spiel zu betätigen (Groos). Dementsprechend fanden wir Kinder, die fast unaufhörlich mit ihren Anschauungsbildern spielen, sie bald hier- bald dorthin projizieren, zerlegen, durch besondere Kunstgriffe vergrößern, verkleinern, deformieren, hierdurch Wahrnehmungsgegenstände verändern und in alledem zu einer ebenso erstaunlichen wie bedenklichen Virtuosität gelangen.

Sodann sprach Herr Georg Magnus (a. G.) über:

Verbrennungen durch das Geschoß.

Eine große Zahl von Schußverletzungen, besonders die durch Granatsplitter hervorgerufenen, zeichnet sich dadurch aus, daß um die eigentliche Wunde herum eine mehr oder weniger breite Zone des Gewebsverfalls, der Nekrose, besteht. Diese Erscheinung wurde schon früh beobachtet und als Folge des mechanischen Insultes aufgefaßt. Es wurde auch bald erkannt, daß diese Nekrose um Geschoßbett und Schußkanal eine schwere Gefahr für den Prozeß der Wundheilung bedeute, und daß dieser Bezirk örtlichen Gewebstodes eine Brutstelle für alle Krankheitskeime darstelle, mittelbar also für die Neigung der Granatsplitterverwundung zu schwerer und tödlicher Infektion verantwortlich zu machen sei.

Die Ansicht, daß die Nekrose die Wirkung einer mechanischen Schädigung, also ein Reiß- oder Quetscheffekt sei, ist unzutreffend. Ich glaube den Beweis führen zu können, daß es sich um Verbrennungen dritten Grades handelt; und zwar ergibt sich diese Tatsache aus der Betrachtung der Wunde, aus der Analyse des Schusses, und aus der Untersuchung der Projektile.

Die Brandwirkung von Geschossen, in erster Linie von Granatsplittern, auf den Körper ist besonders deutlich bei kleinen Steckschüssen, die in der Haut selber sitzen. Hier sieht man um den Splitter nicht selten alle drei Grade der Verbrennung konzentrisch angeordnet: zuerst die Nekrose, dann die Brandblase, und schließlich, ins Gesunde verschwimmend, die Röte der reaktiven Hyperämie. Es kommen dadurch sehr charakteristische Kokardenformen zustande. In einem Falle hatte ein sehr großer Splitter den

Aermel durchschlagen, ohne am Arm eine Verletzung hervor-zurufen. Die Haut war nur gerötet und sehr schmerzhaft. Im Laufe der nächsten Tage entwickelte sich an der getrof-fenen Stelle, wo der Splitter zwischen Körper und Kleidung gelegen hatte, eine große Nekrose mit Brandblasen in der Umgebung. Sehr auffällig ist die Verbrennung dann, wenn man nach einigen Tagen einen Schußkanal spaltet und das Geschoßbett freilegt: die frisch angelegte Operationswunde beginnt sehr bald zu granulieren, während die eigentliche Schußwunde, die unmittelbare Nachbarschaft des vom Ge-schoß berührten Gewebes, noch lange grau und mit dicken Nekrosen belegt bleibt. Durch einen langwierigen Demarka-tionsprozeß muß der Körper diese örtliche Gewebsleiche ab-stoßen, ehe an eine eigentliche Wundheilung gedacht werden kann. Die Brändwirkung des Projektils ist ferner sehr deut-lich bei Streifschüssen, bei denen häufig im Laufe der ersten Tage der Boden der Wunde vollkommen mumifiziert wird. Auch die sekundären Perforationen von Körperhöhlen, von Gelenken, großen Gefäßen und Darmteilen lassen sich zwang-los mit der Schädigung der Wand durch die Hitze und die daraus entstehende Nekrose erklären; für eine Folge eitriger Einschmelzung kommt dies Ereignis des nachträglichen Durchbruches in der Regel viel zu früh.

Der Vorgang des Feuerns, die Summe aller der Momente, welche während des Schusses auf die Granate wirken, bildet den zweiten Beweis dafür, daß die Nekrosen durch Verbrennung entstehen müssen.

Die erste Wärmequelle ist das Abbrennen der Kartusche-ladung. Die entstehenden Gase, die solange Wärme abgeben, als das Geschoß das Rohr passiert, haben eine Temperatur von etwa 3000 Grad. Während dieses Weges wirkt als zweites Moment die Reibung der Granate im Rohr. Das dritte Glied der Rechnung ist die Erhitzung des Geschosses durch das Kissen komprimierter Luft, welches vor dem fliegenden Pro-jektil entsteht; als Parallele kann das pneumatische Feuerzeug

herangezogen werden oder die Erwärmung der Fahrradpumpe beim Aufpumpen des Pneumatiks. Der vierte Summand, die Reibung des Geschosses an der Luft, wird gering zu bewerten sein. Dagegen stellt das nächste Moment, der Umsatz lebendiger Kraft in Wärme beim Aufschlag, einen sehr erheblichen Anteil. Dieses Glied der Rechnung ist insofern interessant, als seine Größe rechnerisch darzustellen ist. Nimmt man eine mittlere Zielgeschwindigkeit von 500 m in der Sekunde an und setzt den Fall, daß das Geschöß vollkommen aufgehalten wird, — etwa durch genügend starken Panzer —, so beträgt der Wärmezuwachs allein durch den Umsatz von Energie bei einem Stahlgeschöß 135 Grad. Mit ganz geringen Abweichungen gilt das auch für alle andern Projektile, z. B. das kupferne Infanteriegeschöß der Franzosen. Das Geschößgewicht spielt dabei natürlicherweise keine Rolle, nur die Geschwindigkeit im Ziel, die Vollständigkeit, mit der das Projektil angehalten wird, und die spezifische Wärme des Geschößmetalls; diese differiert jedoch nur ganz unwesentlich. Das sechste Moment ist der Wärmezuwachs durch die abbrennende Sprengladung. Diese wird im Augenblick des Krepierens eine erheblich höhere Temperatur haben als die Kartusche-
ladung, da der Gasdruck im Moment des Springens ein ganz gewaltiger ist. Als letztes Glied ist der nochmalige Umsatz lebendiger Kraft zu erwähnen, der beim Einschlag des Splitters in den Körper stattfindet. Besonders dann, wenn Knochen getroffen wird, muß dieser Umstand berücksichtigt werden.

Der dritte Weg der Beweisführung, die Untersuchung von Geschossen, führt zu demselben Resultat: daß bei gewissen Schußverletzungen Verbrennungen vorliegen. Die Tatsache, daß Granatsplitter sehr heiß sein können, weiß draußen jeder Soldat. Unmittelbar nach dem Einschlag kann man sich an einem Geschößfragment sehr empfindlich verbrennen. Besonders eindrucksvoll sind die Schmelzspuren, die hier und da an den Resten von

Zünder und Führungsring beobachtet werden. Je nachdem es sich um Messing- oder Kupferteile handelt, muß die Temperatur des Splitters 850 oder 1084 Grad betragen haben. Diese Feststellung ist besonders wichtig mit Rücksicht auf den Umstand, daß der Führungsring von Blindgängern niemals angeschmolzen ist. Es muß also durch das Krepieren noch ein sehr wesentlicher Wärmezuwachs erfolgen, was ja auch ohne weiteres einleuchtet. Im übrigen kommen bei bestimmten Munitionsarten sogar Schmelzprozesse am Stahl selbst in Frage; dazu gehört eine Temperatur von mindestens 1400 Grad. Schließlich wurde bei Schießversuchen mit ungeladenen Stahlgranaten auf Stahlpanzer beobachtet, daß sich das Geschosß ans Ziel anschweißte, wozu ebenfalls eine Erwärmung auf 1400 Grad notwendig ist.

Wesentlich anders gestalten sich die Verhältnisse bei der Schrapnellverwundung. Hier fällt der Energieumsatz beim Aufschlag fort, da fast immer mit Zeitzündern geschossen wird. Außerdem ist die Sprengladung sehr gering, da sie nur die dünne Wand des Schrapnells zu zerreißen braucht, um die Kugeln frei zu machen. Man findet denn auch niemals Schmelzspuren an den Kugeln, obgleich sie aus Blei sind und ihr Schmelzpunkt schon bei 334 Grad liegt. Dementsprechend zeigt die Schrapnellverwundung auch niemals erhebliche Nekrosen in ihrer Umgebung.

Eine Mittelstellung nehmen die Verletzungen durch das Infanteriegeschosß ein. Neben glatten, aseptisch heilenden Durchschüssen ohne makroskopisch wahrnehmbare Nekrosen gibt es bei Mantelreißern und Querschlägern Bilder, die von den schwersten Granatsplitterverwundungen nicht zu unterscheiden sind. Erwärmung im Lauf, besonders bei hoher Feuergeschwindigkeit eines Maschinengewehrs, und Energieumsatz bei plötzlichem Anhalten des Geschosses können sich so summieren, daß schwere Verbrennungen zustandekommen. Bei den Stahlmantelgeschossen sieht man nicht selten den Bleikern geschmolzen; die tröpfchenförmige Ver-

teilung des Metalls auf vielen Röntgenbildern läßt gar keine andere Deutung zu. Im Gegensatz dazu werden an dem französischen Kupfergeschloß mit seinem viel höheren Schmelzpunkt niemals Schmelzspuren beobachtet.

Herr K a t s c h geht kurz ein auf die Mitteilung des Vortragenden, daß gerade matte Geschosse am häufigsten Gewebsverbrennungen verursachen. Durchheilt ein Geschloß mit großer Geschwindigkeit die Gewebe, so hat es nicht Zeit, auf seinem Wege eine Verbrennung zu setzen. Bei Durchschüssen ist oft an der Ausschußstelle eine starke Verbrennung, an der Einschußstelle fehlt sie. Geschosse, die entfernt vom Einschuß nicht weit unter der Haut sitzen, bedingen dort gelegentlich von innen heraus eine Hautbrandblase. Diese verrät dann den Sitz des Geschosses.

In der Wahlsitzung wurde Herr Prof. Rudolf W e d e - k i n d zum ordentlichen Mitglied der Gesellschaft, Herr Prof. Oskar W ä g e n e r zum außerordentlichen Mitglied der Gesellschaft gewählt.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 12. Mai 1917, s. S. 23.)

F. A. Schulze:

Ueber den Schalldruck.

Wie zuerst von Dvorak, Pogg. Ann. 157, 42. 1876, gezeigt wurde, herrscht an dem Knoten einer stehenden Schallwelle, entgegen der elementären Theorie, ein ständiger mittlerer Ueberdruck p , der durch die räumliche Energiedichte J der stehenden Schallwelle gegeben ist. Nach Rayleigh gilt die Beziehung $p = J \cdot \frac{\kappa + 1}{2}$, wo κ das Verhältniß der spezifischen Wärmen ist. Dvorak hatte diesen Schalldruck durch den Ausschlag der Wassersäule eines in den Knoten der stehenden Schallwelle eingeführten Flüssigkeitsmanometers etwa einer Drucklibelle, direkt nachgewiesen zu haben geglaubt. Es läßt sich jedoch zeigen, daß dieser Beweis für die Existenz des Schalldruckes nur indirekt ist. Der Sachverhalt ist vielmehr folgender: Befindet sich die Oeffnung der Röhrenlibelle im Knoten der stehenden Schallwelle, etwa der Knotenstelle des Resonators einer Stimmgabel, so wird zunächst der abgegrenzte Luftraum in der Röhrenlibelle zwischen der Oeffnung und der abschließenden Wassersäule durch Resonanz zum Mitschwingen erregt; der Schalldruck dieser zweiten angeregten Mitschwingung ist es nun, der auf die abschließende Flüssigkeitssäule drückt und ihren Ausschlag hervorbringt. Daraus erklärt sich unmittelbar die Tatsache, daß die Größe des Ausschlages außer von der Intensität des primären Stimmgabeltones wesentlich von der Länge der Luftsäule in der Röhrenlibelle abhängt. Wenn diese Länge in Resonanz mit der primären Schallschwingung steht und also eine sekundäre Schallschwingung dort entstehen kann, hat der Ausschlag der Libelle ein Maximum, um bei Veränderung dieser Länge sofort abzunehmen. Man hat

hierin sogar ein Mittel, die Wellenlänge der Schallwelle in dem engen Rohre der Röhrenlibelle, durch systematische successive Veränderung der Rohrlänge, messen zu können. Es ist dies von Bedeutung für die Prüfung der Kirchhoff—Helmholtz'schen Theorie der Schallgeschwindigkeit in sehr engen Röhren.

Damit hängt auch zusammen, daß, wie Dvorak bereits fand, am Bauch der Schallwelle keine mittlere Druckänderung mit der Drucklibelle zu konstatieren ist. Wie leicht theoretisch abzuleiten, müßte im Bauch einer Schallwelle ein ständiger mittlerer Unterdruck herrschen. Man kann sich diesen ohne weiteres plausibel machen aus der bekannten Tatsache, daß der hydrodynamische Druck in bewegten Flüssigkeiten und Gasen gegen den hydrostatischen Druck in dem ruhenden Medium um so geringer ist je schneller die Bewegung ist. Die Verminderung ist proportional dem Quadrat der Geschwindigkeit, woraus der ständige mittlere Unterdruck im Bauch einer stehenden Schallwelle, wo keine Dichteänderung, sondern ständig hin und hergehende Bewegung der Luft vorhanden ist, sofort folgt. Befindet sich nun die Oeffnung der Röhrenlibelle an einem Bauch der stehenden Schallwelle, so wird die abgegrenzte Luftsäule in der Röhrenlibelle nicht zum Mitschwingen angeregt, da eben keine Druckschwankungen am offenen Ende stattfinden; analog wie das Trommelfell des Ohres und damit Schallempfindung nur an den Knotenstellen, nicht aber an den Bäuchen einer stehenden Schallwelle erregt wird.

Wie aus der Berücksichtigung der Glieder zweiten Grades bei der Schallbewegung folgt (siehe insbesondere H. Küstner, *Ann. d. Phys.* 50. S. 941; 1916), ist der Verlauf von Verdichtung und Verdünnung am Knoten einer stehenden Schallwelle nicht genau symmetrisch zum Normaldruck; es ist von Interesse, daß die sehr genauen Messungen von A. Raps (*Wied. Ann.* 36, S. 273; 1889) über den zeitlichen Verlauf des Druckes am Knoten einer gedeckten Pfeife zahlenmäßig mit

hinreichender Genauigkeit diese Unsymmetrie zeigen, die Raps selbst auf experimentelle Unvollkommenheiten zurückführen zu müssen glaubte, nun aber gerade eine Bestätigung der Richtigkeit der Theorie sind.

Ist A die Amplitude der stehenden Schallwelle, λ die Wellenlänge, so ist das Maß ϵ der Unsymmetrie das Verhältnis der Differenz der am Knoten gemessenen extremen Druckänderungen (Druckvermehrung bez. Druckverminderung) zu dem arithmetischen Mittel dieser beiden Werte, bei Berücksichtigung der Glieder zweiter Ordnung gegeben durch $\epsilon = 2\pi \frac{A}{\lambda}$. Für die von Raps, l. c. S. 298 angegebenen Versuchsreihen, welche die maximalen Druckänderungen am Knoten einer gedeckten Pfeife bei sehr verschieden starken in der Größe ansteigenden Anblasestärken wiedergeben, ergibt sich folgendes:

ϵ beob.	ϵ ber.
0,0027	0,0037
0,0350	0,0052
0,0051	0,0056
0,0084	0,0068
0,014	0,0086
0,012	0,0098
0,020	0,009
0,026	0,011
0,028	0,012

In Anbetracht der außerordentlich kleinen Unterschiede der Druckdifferenzen, um die es sich hier handelt, darf man, mit Ausnahme der zweiten Reihe, die Uebereinstimmung wohl als befriedigend bezeichnen. Bei sehr großen Anblasestärken wird die Uebereinstimmung weniger gut; bei solchen werden auch die experimentellen Schwierigkeiten größer.

Ueber Einzelheiten des Vorstehenden soll an anderer Stelle berichtet werden.

F. A. S c h u l z e:

Ueber den Einfluß der Steifigkeit auf die Schwingungszahl von Transversalschwingungen von Saiten.

Zur Prüfung der Formeln über den Einfluß der Steifigkeit auf die Transversalschwingungen von Saiten liegen bisher nur sehr wenig Messungen vor (siehe z. B. die Zusammenstellung in Bd. II von Winkelmann, Handbuch der Physik). Gerade für die Fälle, in denen ein besonders starker Einfluß der Steifigkeit zu erwarten ist, wenn nämlich der Durchmesser nicht mehr sehr klein gegen die Länge ist, also bei kleinen Saitenlängen, liegen keine Beobachtungen vor. Der Grund hierfür liegt jedenfalls darin, daß die Schwingungszahl dann so groß und außerdem die Amplitude der Schwingung so gering ist, daß eine Messung derselben mit dem Gehör oder nach einer der einfachen bekannten Methoden nicht gut möglich ist. Es war meine Absicht, die Aenderung der Transversalschwingungszahl von Saiten mit successiv abnehmender Länge systematisch an denselben Saiten zu verfolgen von dem einen Grenzzustand sehr großer Länge an, wo die Steifigkeit nur eine Korrektur zu der durch die Spannung gegebene Schwingung bedingt, bis zu so geringen Saitenlängen, daß das Drahtstück wesentlich als Stab zu betrachten ist, und nun umgekehrt die Spannung nur noch eine Korrektur an der durch die Eigenelastizität bedingten Schwingung liefert, also von dem Grenzfall, wo die Schwingungszahl umgekehrt der ersten Potenz der Länge ist, bis zu dem anderen Grenzfall, in dem sie umgekehrt der zweiten Potenz der Länge ist. Es kamen Stahldrähte verschiedenen Durchmessers zur Verwendung, die in einer auf besonders starkem Eisenuntergestell montierten Spannvorrichtung verschieden stark gespannt werden konnten. Die verschiebbaren Stege zur Abgrenzung der Saitenlänge waren von erheblicher Masse, damit die Grenzbedingung beider-

seits festen Endes gut erfüllt war. Während die Bestimmung der Schwingungszahlen unterhalb der Intervallschätzungsgrenze (bis ca. 4000 v. d.) keine Schwierigkeiten bot, versagten zunächst bei der minimalen Amplitude der Saitenschwingungen die gewöhnlichen Methoden der Schwingungszahlbestimmung. Schließlich führte folgendes einfache Verfahren zum Ziel. Das abgegrenzte Saitenstück von kurzer Länge wurde zu seiner Transversalschwingung dadurch angeregt, daß man das angrenzende durch den Steg von ihm getrennte Saitenstück, welches in seiner Länge durch einen zweiten verschiebbaren massiven Steg beliebig verändert werden konnte, zu seiner Longitudinalschwingung anregte und diejenige Saitenlänge dieses zweiten longitudinal schwingenden Stückes der Saite aufsuchte, welche die Transversalschwingung des betreffenden ersten zu untersuchenden Saitenstückes durch Resonanz maximal erregte, was durch die Bewegung eines aufgesetzten Papierreiterchens erkannt wurde. Die Schwingungszahl der Transversalschwingung ist dann gleich derjenigen der erregenden Longitudinalschwingung. Letztere ist umgekehrt proportional der Saitenlänge und kann für Schwingungen oberhalb der Intervallschätzungsgrenze danach bestimmt werden unter Zugrundelegung einer Saitenlänge, welche einen unterhalb jener Grenze liegenden Longitudinalton liefert.

Nach diesem einfach zu handhabenden Verfahren gelang es, mit genügender Genauigkeit in kurzer Zeit die Schwingungszahl der Transversalschwingungen auch für Schwingungen zu bestimmen, deren Töne an und oberhalb der oberen Hörgrenze, ca. 17 000 v. d., liegen. Man konnte so noch die Transversalschwingungszahl eines Saitenstückes von nur etwa 8 mm Länge bestimmen, also in einem Gebiete, in dem der Draht längst wesentlich als beiderseits festgeklemmter Stab unter dem Einfluß seiner Eigenelastizität schwang. Durch diese Messungen konnte die Richtigkeit der Theorie des Einflusses der Steifigkeit auf die Transversalschwingungen von Saiten in einem weit größerem Umfange, als bisher geschehen, ge-

prüft werden. Die Einzelheiten und Zahlenwerte, sowie die Formeln sollen an anderer Stelle mitgeteilt werden. Erwähnt sei noch, daß die Schwingungszahl der Longitudinalschwingungen durch gleichzeitige Benutzung von 2 Saiten mit Hülfe von Differenztönen in ähnlicher Weise bestimmt wurde, wie C. Stumpf die Schwingungszahl der Töne von Galtonpfeifen bestimmt hat. Zunächst wurde an der einen Saite ein Longitudinalton genommen, dessen Höhe im Bereich des Intervallschätzungsvermögens lag; sodann an der zweiten Saite eine kürzere Länge genommen, und die entsprechende Schwingungszahl durch Bestimmung der Höhe des Differenztons bestimmt, den sie mit dem Longitudinalton der ersten Saite gab. Sodann wurde der so bestimmte Ton der zweiten Saite als Ausgangston genommen, die erste Saite verkürzt bis sie gegen letzteren einen höheren Ton gab, und dieser Ton wieder durch Bestimmung ihres Differenztones den Ton vorbestimmt. So wurde das Verfahren bis zu Tonhöhen fortgesetzt, die in der Gegend der oberen Hörgrenze lagen. Zur Bestimmung der Tonhöhe der *T r a n s v e r s a l* töne wäre hier dieses Verfahren ihrer geringen Intensität wegen nicht durchführbar gewesen. Erwähnt sei noch, daß sich auch bei diesen Versuchen wie nach meinen früheren Bestimmungen die obere Hörgrenze zu ca. 17 000 v. d. ergab.
