

8
1253

111318
Smith

Sitzungsberichte

der

38

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten
Naturwissenschaften

zu

Marburg

BUREAU OF
AMERICAN ETHNOLOGY.
1910
LIBRARY.

Jahrgang 1909

Marburg

Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch

1910

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten
Naturwissenschaften

zu

Marburg

28024

Jahrgang 1909



Marburg

Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch

1910

Inhalts = Angabe.

	Seite
Herr <i>F. Schenck</i> : Beiträge zur allgemeinen Muskelphysiologie . . .	1
Herr <i>Kutscher</i> : Ueber Krabbenextrakt	5
Herr <i>Schwantke</i> : Entmischung labiler isomorpher Mischungen in der Feldspatgruppe . ,	7
Herr <i>Meisenheimer</i> : Ueber Regenerationsversuche an Schmetter- lingen	33
Herr <i>Oettinger</i> : Ueber abweichend geformte (atypische) Sperma- tozoen und ihre Bildungsweise bei Myriopoden	36
Herr <i>Tönniges</i> : Die Fortpflanzung von <i>Pelomxya palustris</i> . . .	37
Herr <i>Richarz</i> : Schallgeschwindigkeit im Kaliumdampf	44
Herr <i>Goes</i> : Versuche mit elektrischen und akustischen Oscilla- tionen an Wehneltrohren	57
Herr <i>Goes</i> : Auslösung Wehnelt'scher Kathodenstrahlen durch elek- trische Wellen	60
Herr <i>Feussner</i> : Elementare Ableitung der Richtung der Inter- ferenzstreifen bei keilförmigen Blättchen und Bemerkungen über den Strahlengang bei diesen Erscheinungen	62
Herr <i>Schwantke</i> : Nachtrag zum Bericht vom 13. Januar . . .	77
Herr <i>F. A. Schulze</i> : Zur Schwedoff'schen ballistischen Theorie der Funkrentladung	78
Herr <i>Vogt</i> : Ueber rückschreitende Veränderungen von Kernen und Zellen junger Entwicklungsstadien von <i>Triton cristatus</i> . .	109
Herr <i>Kutscher</i> : Ueber einige Muskelextraktstoffe des Dornhais (<i>Acanthias vulgaris</i>) nach Untersuchungen von Herrn Dr. Suwa	125
Herr <i>Engeland</i> : Zur Kenntnis der Eiweissstoffe	128
Herr <i>Römer</i> : Ueber ein tuberkulose-prognostisches Verfahren	133
Herr <i>Richarz</i> : Neue Methoden zur Bestimmung der specifischen Wärmen von Gasen	142
Herr <i>Bergengrün</i> : „Epithelperlen“ und Epithelstränge in der Raphe des harten Gaumens	149
Herr <i>Take</i> : Ueber die Verwendung magnetisierbarer Heusler'scher Schmiedebronzen in elektrischen Messinstrumenten	165

III.

	Seite
Herr <i>F. A. Schulze</i> : Ueber eine Bestimmung der oberen Hörgrenze durch Transversalschwingungen von Saiten	172
Herr <i>Beneke</i> : Ueber die Ursachen der Entstehung der Gaumenspalten	182.
Herr <i>Veit</i> : Ueber Vornierenrudimente und ihre Beziehung zur Urniere beim Menschen	193
Herr <i>F. A. Schulze</i> : Die Abhängigkeit des Elastizitätsmoduls von Spannung und Torsion	224
Herr <i>R. Ulrich</i> : Bestimmungen von Dampfdichten nach der Bunsen'schen Ausströmungsmethode	232
Herr <i>E. Koch</i> : Nachweis der magnetischen Wirkung der dielektrischen Verschiebungsströme in ruhenden Dielektriciis . . .	235
Herr <i>C. Henrich</i> : Nachweis der ponderomotorisch - elektrostatischen Wirkung der Induktion	236
Aufgelegte Schriften, Seite 30, 54, 131, 148	

Verzeichnis der Mitglieder*)

(am Schluss des Jahres 1909).

Ehrenmitglieder.

<i>Retzius, Gustav</i> , Prof. emerit. der Anatomie, Stockholm	18.	1.	99.
<i>Marchand, Felix</i> , Dr. med., o. Prof. d. path. Anat., Geh. Med.-Rat, Leipzig	9.	1.	01.
<i>Hittorf, Wilhelm</i> , Dr. phil., o. Prof. der Physik, Geh. Reg.- Rat, Münster	19.	11.	01.
<i>Graf Zeppelin</i> , Dr. ing., Exzellenz, Friedrichshafen	5.	8.	08.

Einheimische Mitglieder.

A. Ordentliche.

<i>Ahlfeld, Friedrich</i> , Dr. med., o. Prof. der Gynäkologie, Geh. Med.-Rat	11.	7.	83.
<i>Bach, Ludwig</i> , Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie	28.	11.	00.
<i>Bauer, Max</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Mineralogie, Geh. Reg.-Rat	11.	3.	85.
<i>v. Behring, Emil</i> , Dr. med., o. Prof. d. Hygiene, Wirkl. Geh. Rat	15.	5.	95.
<i>Beneke, Rudolf</i> , Dr. med., o. Prof. d. pathol. Anatomie	14.	11.	06.
<i>Bonhoff, Heinrich</i> , Dr. med., o. Prof. der Hygiene	9.	3.	04.
	(8.	11.	99)
<i>Disse, Joseph</i> , Dr. med., o. Honorar-Professor d. Anatomie u. I. Prosector	13.	11.	95.
<i>Feussner, Wilhelm</i> , Dr. phil., a. o. Prof. der Physik	14.	7.	81.
	(10.	6.	69)
<i>Friedrich, Paul</i> , Dr. med., o. Prof. d. Chirurgie, Geh. Med.-Rat	12.	2.	08.
<i>Fischer, Theobald</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Geographie, Geh. Reg.-Rat	28.	11.	88.
<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.

V.

<i>Hensel, Kurt</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik	10. 12. 02.
<i>Kayser, Emanuel</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Geologie, Geh. Reg.-Rat	13. 1. 86.
<i>Kohlrausch, Friedrich</i> , Dr. phil., Präsident der physikalisch- technischen Reichsanstalt a. D.	8 2. 05.
<i>Korschelt, Eugen</i> , Dr. phil., o. Prof. der Zoologie . . .	26. 7. 93.
<i>Kutscher, Friedrich</i> , Dr. med., a. o. Professor der Physiologie	12. 2. 08. (16. 2. 98)
<i>Mannkopff, Emil</i> , Dr. med., a. o. Prof. d. inn. Med., Geh. Med.-Rat	8. 5. 67.
<i>Meisenheimer, Johannes</i> , Dr. phil., Prof., Priv.-Doc. d. Zool.	5. 8. 08. (16. 2. 98)
<i>Meyer, Arthur</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Botanik	4. 11. 91.
<i>Neumann, Ernst</i> , Dr. phil., a. o. Professor der Mathematik	8. 5. 07. (13. 12. 05)
<i>Ostmann, Paul</i> , Dr. med., a. o. Professor der Otologie . .	13. 11. 95.
<i>Rathke, Bernhard</i> , Dr. phil., o. Hon.-Prof. der Chemie . .	14. 3. 84.
<i>Richarz, Franz</i> , Dr. phil., o. Professor der Physik . . .	15. 5. 01.
<i>Schenck, Friedrich</i> , Dr. med., o. Professor der Physiologie	15. 5. 01.
<i>Schmidt, Ernst</i> , Dr. phil., o. Prof. d. pharm. Chem., Geh. Reg.-Rat	11. 3. 85.
<i>Schulze, Franz Arthur</i> , Dr. phil., Prof., Priv.-Doc. d. Physik	5. 8. 08. (31. 7. 01)
<i>Tuczek, Franz</i> , Dr. med., o. Prof. d. Psychiatrie, Geh. Med.-Rat	15. 5. 95. (14. 3. 90)
<i>Zincke, Theodor</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Chemie, Geh. Reg.-Rat	13. 1. 76.

B. Ausserordentliche.

<i>Brauer, Ludolf</i> , Dr. med., o. Prof. d. Med., Dir. d. med. Klinik	14. 12. 04.
<i>Diels, Ludwig</i> , Dr. phil., a. o. Prof. der Botanik	28. 7. 09.
<i>v. Dalwigk, Friedrich</i> , Dr. phil., Prof., Priv.-Doc. d. Mathemat.	9. 5. 00.
<i>v. Drach, Alhard</i> , Dr. phil., a. o. Prof. der Mathematik .	11. 7. 66.
<i>Fries, Carl</i> , Dr. phil., Abteilungsvorsteher am chem. Institut	9. 3. 04.
<i>Gürber, August</i> , Dr. med. et phil., a. o. Professor, Director des pharmakol. Institutes	9. 12. 08.
<i>Haselhoff, Emil</i> , Dr. phil., Prof., Dir. d. landw. Versuchsstation	11. 2. 03.
<i>Hildebrand, Heinrich</i> , a. o. Professor der Medicin . . .	14. 12. 04.
<i>Jahrmärker, Max</i> , Dr. med., Prof., Privat-Doc., Oberarzt d. psychiatr. Klinik	9. 2. 04.
<i>Krauss, Wilhelm</i> , Dr. med., Prof., Priv.-Doc. d. Augenheilkunde	10. 7. 07.
<i>Lohmann, Alfred</i> , Dr. med., Prof., Priv.-Doc. der Physio- logie	8. 2. 05.
<i>Neide, Ernst</i> , Dr. phil.	13. 1. 04.
<i>Reissert, Arnold</i> , Dr. phil., Professor, Priv.-Doc. d. Chemie	11. 2. 03.

VI.

<i>Rieländer, August</i> , Dr. med., Prof., Priv.-Doc. der Gynae- kologie	13. 6. 06.
<i>Römer, Paul</i> , Dr. med., a. o. Professor d. Hygiene.	9. 2. 04.
<i>Schwantke, Arthur</i> , Dr. phil., Assistent am mineral. Institut	21. 6. 99.
<i>Rühl, Alfred</i> , Dr. phil., Priv.-Doc.	28. 7. 09.
<i>Siebert, Carl</i> , Dr. phil., Chemiker	14. 5. 02.
<i>Stoeckel, Walter</i> , Dr. med. o. Prof. der Medicin, Director der Frauenklinik und Hebammen-Lehranstalt	5. 8. 08.
<i>Stuchtey, Karl</i> , Dr. phil., Assistent a. physik. Institut . . .	9. 12. 08.
<i>Take, Emil</i> , Dr. phil., Assistent a. physik. Institut	9. 12. 08.
<i>Tönniges, Carl</i> , Dr. phil., Assistent am zoolog. Institut . . .	16. 2. 98.
<i>Veit Otto</i> , Dr. med., II. Prosektor i. V.	28. 7. 09.
<i>Wegener, Alfred</i> , Dr. phil., Priv.-Doc.	28. 7. 09.
<i>Weidenmüller, Carl</i> , Dr. phil., Gymn.-Oberlehrer a. D., Prof.	14. 4. 82.

Auswärtige Mitglieder. *)

<i>Ach, Narciss</i> , Dr. med. et. phil., Professor der Philosophie, Königsberg	(8. 2. 05)
<i>Ackermann, Dankwart</i> , Dr. med., Priv.-Doc. d. Physiologie Würzburg	(5. 8. 08)
<i>Aschoff, Ludwig</i> , o. Prof. d. patholog. Anatomie. Freiburg i. Br.	17. 6. 03.
<i>Axenfeld, Theodor</i> , Dr. med., o. Prof. d. Ophthalm., Freiburg i. Br.	(15. 1. 96)
<i>Barth, Adolf</i> , Dr. med., o. Prof. d. Otologie, Leipzig	4. 11. 91.
<i>Barth, Arthur</i> , Dr. med., Prof., Oberarzt, Danzig	(13. 11. 95)
<i>Böhm, Rud.</i> Dr. med., o. Prof. d. Pharm., Geh. Med.-Rat, Leipzig	20. 5. 81.
<i>Borrmann, Rob.</i> , Dr. med., Priv.-Doc. d. path. Anatom., Göttingen	(14. 5. 02)
<i>Brauer, August</i> , Dr. phil., Pro.essor, Direktor des natur- historischen Museums, Berlin	17. 5. 99. (17. 6. 96)
<i>Braun, Ferdinand</i> , Dr. phil., o. Prof. der Physik, Strassburg	(8. 2. 78)
<i>Braun, Heinrich</i> , Dr. med., o. Prof. der Chirurgie, Geh. Med.-Rat, Göttingen	14. 4. 90.
<i>Brauns, Reinhard</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Bonn	(27. 1. 88)
<i>Buchholz, Adolf</i> , Dr. med., Prof., Oberarzt, Hamburg	8. 12. 97.
<i>Busz, Carl</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Münster	(19. 6. 95)
<i>Dietrich, Theodor</i> , Dr. phil., Prof., Geh. Reg.-Rat. Hannover	(15. 1. 96)
<i>Drevermann, Fritz</i> , Dr. phil., Priv.-Doc., Frankfurt	(11. 2. 03)
<i>Enderlen, Eugen</i> , Dr. med., Prof. der Chirurgie, Würzburg	12. 2. 97.
<i>Falk, Ferdinand, August</i> , Dr. med., a. o. Prof. d. Pharm., Kiel	28. 4. 75.

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

VII.

<i>Fraenkel, Carl</i> , Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Halle . . .	4. 11. 91.
<i>Fuëter, Rudolf</i> , o. Professor der Mathematik, Basel . . .	(3. 5. 07)
<i>Gadamer, Johannes</i> , Dr. phil., o. Prof. der pharmaceut. Chemie, Breslau	(9. 3. 98)
<i>Goebel, Carl</i> , Dr. phil., o. Prof. der Botanik, München . . .	27. 1. 88.
<i>Heffter, Arthur</i> , Dr. phil., et med., o. Professor der Pharma- kologie, Berlin	14. 11. 06.
<i>Heine, Leopold</i> , o. Prof. der Ophthalmologie, Kiel . . .	(18. 1. 99)
<i>Hermann, Theodor</i> , Dr. phil., Hanau	(2. 7. 68)
<i>Hess, Carl</i> , Dr. med., o. Prof. der Ophthalmol., Würzburg	11. 11. 96.
<i>Hess, Otto</i> , Dr. med., Prof., Priv.-Doc. der inneren Med., Oberarzt, Göttingen	(25. 6. 02)
* <i>Heusler, Fritz</i> , Dr. phil., Dillenburg	8. 2. 05.
<i>Jung, Heinrich</i> , Dr. phil., Priv.-Doc. der Mathematik, Ober- lehrer, Hamburg	13, 12. 05.
<i>v. Koenen, Adolf</i> , Dr. phil., o. Prof. der Geologie, Geh. Berg-Rat, Göttingen	28. 4. 75.
<i>Kohl, Friedrich</i> , Dr. phil., a. o. Prof. d. Botanik, Leipzig	13. 11. 95. (6. 8. 84)
<i>Kossel, Albrecht</i> , Dr. med., o. Prof. der Physiol., Heidelberg	15. 5. 95.
<i>Krehl, Ludolf</i> , Dr. med., o. Prof. d. inn. Med. Heidelberg	8. 11. 99.
<i>Küster, Fr. Wilh.</i> , Dr. phil., o. Prof., Gutsbes., Müncheberg b. Berlin	(26. 7. 93)
<i>Küster, Ernst</i> , Dr. med., o. Prof. d. Chirurgie, Geh. Reg- Rat, Berlin	4. 11. 91.
<i>Küttner, Hermann</i> , Dr. med., o. Prof. d. Chirurg., Breslau	2. 8. 05.
<i>Loewi, Otto</i> , Dr. med., a. o. Prof. der Pharmakologie, Wien	(15. 5. 01)
<i>Lotz, Heinrich</i> , Dr. phil., Geologe, Berlin	(13. 12. 99)
<i>Meyer, Hans</i> , Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie. Wien	11. 3. 85.
<i>Müller, Friedrich</i> , Dr. med., o. Prof. d. inn. Med., München	26. 4. 98.
<i>Noll, Alfred</i> , Dr. med., a. o. Prof., Jena	(16. 2. 95)
<i>Oestreich, Carl</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Geographie, Utrecht	(9. 3. 04)
<i>Opitz, Erich</i> , Dr. med., Prof., Direkt. d. Frauenkl., Düsseldorf	(13. 1. 04)
<i>Pfannkuch, Wilh.</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. Professor 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>Rehn, Joh. Heinrich</i> , Dr. med., San.-Rat, Frankfurt a. M.	26. 11. 80.
<i>Rein, Johannes</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Geogr., Geh. Reg.-Rat, Bonn	1. 12. 76.
<i>Ribbert, Hugo</i> , Dr. med., o. Prof. d. pathol. Anatomie, Bonn	20. 6. 00.
<i>Romberg, Ernst</i> , Dr. med., o. Prof. der klin. Medicin, Tübingen	20. 5. 00.

VIII.

<i>Rost, Eugen</i> , Dr. med., Regierungsrat, Berlin	(16. 2. 98)
<i>Rubner, Max</i> , Dr. med. o. Prof. d. Physiol., Geh. Med.-Rat, Berlin	13. 1. 86.
<i>Rumpf, Theodor</i> , Dr. med., Prof., Bonn	14. 3. 90.
<i>Rupp, Erwin</i> , Dr. phil., a. o. Prof. für Pharmacie, Königsberg	(14. 12. 04)
<i>Ruppel, Wilhelm</i> , Dr. phil., Prof., Höchst	(18. 7. 00)
<i>Schaum, Carl</i> , Dr. phil. a. o. Prof. d. physik. Chemie, Leipzig	13. 12. 05
<i>Schenck, Rudolf</i> , Dr. phil., o. Prof. d. phys. Chemie, Aachen	(11. 8. 97)
<i>Schmidt-Rimpler, Hermann</i> , Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Halle	15. 11. 71.
<i>Schottelius, Max</i> , Dr. med., o. Prof. d. Hyg., Hofrat, Freiburg i. B.	(11. 7. 79)
<i>Schottky, Friedrich</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Math., Berlin	15. 5. 95.
<i>Schridde, Hermann</i> , Dr. med., Privatdoc. d. pathol. Anatomie, Freiburg i. Br.	(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., Frankfurt	(17. 6. 03)
<i>Seemann, John</i> , Dr. med., Privatdoc. d. Physiologie, München	(5. 6. 02)
<i>Siemens, Friedrich</i> , Dr. med., Geh. Med.-Rat, Dir. d. Landesirrenanstalt Lauenburg i. P.	(19. 12. 79)
* <i>Speck, Carl</i> , Dr. med., San.-Rat, Kreis-Physik, Dillenburg	5. 4. 71.
<i>Strahl, Hans</i> , Dr. med., o. Prof. der Anatomie, Giessen	27. 1. 88.
	(14. 12. 80)
<i>Straub, Walther</i> , Dr. med., o. Prof. d. Pharmakol., Freiburg	(13. 12. 05)
<i>Study, Eduard</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Mathematik, Bonn	(14. 3. 90)
<i>Thumb, Albert</i> , o. Prof. d. indog. Sprachen, Strassburg	(14. 2. 03)
<i>Uthoff, Wilhelm</i> , Dr. med. o. Prof. der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Breslau	4. 12. 91.
<i>Weber, Heinrich</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Mathematik, Strassburg	11. 3. 85.
<i>Wendel, Walther</i> , Dr. med., Professor, Director des städtischen Krankenhauses Magdeburg-Sudenburg	(12. 2. 02)
<i>Wernicke, Erich</i> , Dr. med., Professor, Director des hygien. Instituts in Posen	16. 2. 98.
	(10. 2. 97)

Der Vorstand.

E. Kayser, Vorsitzender. *Fr. Kutscher*, Ständiger Schriftführer

Engerer Ausschuss.

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

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

N^o 1

Januar

1909

In der Sitzung vom 13. Januar hielt Herr F. Schenck den Vortrag:

Beiträge zur allgemeinen Muskelphysiologie.

1. Verfahren zur Summation von vier Zuckungen.

Verwendet werden vier Schlitteninduktorien. Jede primäre Rolle ist in je einen besonderen primären Stromkreis mit Akkumulatorelement als Stromquelle und je einem an dem Myographion angebrachten durch die bewegte Schreibtrommel zu öffnenden Kontakte eingeschaltet. Die vier nebeneinander am Myographionstativ angebrachten Reizkontakte werden durch vier Stifte geöffnet, die an der Trommel so verstellbar angebracht sind, dass das Intervall zwischen je zwei Reizen beliebig variiert werden kann. Das Myographion ist ein solches mit Antrieb durch fallendes Gewicht. In den sekundären Stromkreis werden alle vier sekundären Rollen zusammen und ausserdem noch das zu reizende Präparat eingeschaltet. Das Verfahren gestattet in einfachster und sicherer Weise bei Summation von mehreren Zuckungen eine beliebige Variation der Stärke der einzelnen Reize unabhängig von einander und des Reizintervalls. Leicht zu ersehen ist,

dass bei Vermehrung der Zahl der Induktionsapparate und der Kontakte auch noch mehr, als vier Reize verwendet werden können.

2. Superposition isotonischer auf isometrische Zuckungen.

Der ausgeschnittene Froschgastroknemius wird mit seinem oberen Ende an einen Spannungszeichner, mit seinem unteren an einen Längenzeichner befestigt. Der Muskel kann belastet werden durch Anspannen einer Spiralfeder, welche in der von Grützner angegebenen Weise am Längenzeichner angebracht ist. Bei ungedehntem Muskel wird nun zunächst ein Lager unter dem Längenzeichner festgestellt, und dann durch Anspannen der Feder der Längenzeichner gegen dieses Lager gedrückt, ohne dass der Muskel gedehnt wird. Die Spannung der Feder wird nur so stark gewählt, dass der Muskel bei einer einzelnen maximalen Zuckung den Längenzeichner gerade nicht mehr zu heben vermag, er vollführt dann also eine isometrische Zuckung. Wird dann während des Ablaufes der isometrischen Zuckung der Muskel noch mit einem zweiten Reize gereizt, so kann nun, falls der zweite Reiz einen Zuwachs an Verkürzungskraft hervorruft, der Muskel jetzt den Hebel erheben und weiter einen isotonischen Akt vollführen, bis der Hebel bei der Wiederverlängerung des Muskels sich wieder auf das Lager aufsetzt. Es ergab sich, dass bei einer so auf eine isometrische Zuckung superponierten isotonischen noch eine erhebliche Verkürzung zustande kam, die unter günstigen Bedingungen (Superposition kurz vor dem Gipfel der isometrischen Zuckungskurve) oft gerade so gross war, wie die Verkürzung bei einer einzelnen isotonischen Zuckung mit derjenigen Spannung, welche gleich der bei isometrischer Zuckung und Anfangsspannung 0 erreichten grössten Spannung war. Noch erheblicher wurde die Verkürzung, wenn nicht nur eine, sondern zwei oder drei isotonische Zuckungen erst auf die isometrische und dann aufeinander superponiert wurden, und in diesen Fällen wurden

die Bedingungen für möglichst grosse Verkürzung noch günstiger, wenn die isometrische Zuckung nicht von der Anfangsspannung 0, sondern von grösserer Anfangsspannung ausging. Bei sehr grosser Anfangsspannung werden die Verhältnisse freilich wieder ungünstig. Alle diese Versuche, sowie weitere, in denen isotonische Zuckungen auch auf zwei oder drei summierte isometrische aufgesetzt wurden, ergaben das allgemeine Resultat, dass die günstigsten Bedingungen für die Superposition, d. h. Erzielung von möglichst grosser isometrischer Selbstanspannung des Muskels und darauf folgender erheblicher isotonischer Verkürzung dann vorliegen, wenn die Länge des Muskels während des ganzen Summationsversuches noch nicht erheblich abweicht von der Länge, die der Muskel im ungedehnten oder nur schwach gedehnten ruhenden Zustande hat.

Von theoretischem Interesse sind diese Versuche, weil sie erkennen lassen, dass der Muskel unter besonderen Bedingungen in der Einzelzuckung und bei hoher Unterstützung der Last bei weitem noch nicht den Verkürzungsgrad erreichen kann, den er unter diesen günstigen Bedingungen bei der Summation (unter Ausschluss von Beteiligung der Treppe, der Kontraktur u. A.) erreicht, und dass das von v. Frey so bezeichnete Moment der Zusammensetzung unter geeigneten Versuchsbedingungen eine sehr viel grössere Rolle bei der Summation spielt, als die Selbstunterstützung. Nur bei schwächeren Belastungen tritt das Moment der Selbstunterstützung mehr hervor.

3. Einfluss der Länge des ungedehnten und gedehnten Muskels auf den Ablauf der Kontraktionswelle.

Durch frühere Untersuchungen meines Schülers Feser¹⁾ ist festgestellt worden, dass die Zeit, welche die Erregungsleitung in einem Muskelstück braucht, bei ungedehntem und

1) Dissertation. Würzburg 1896 und Pfügers Archiv, Bd. 64, S. 179.

gedehntem Muskel die gleiche ist, dass also die in üblicher Weise berechnete Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Kontraktionswelle in dem durch Dehnung verlängerten Muskel proportional der Dehnungsverlängerung wächst. Mit Rücksicht darauf, dass neuere theoretische Betrachtungen Bethe's¹⁾ Zweifel an der Richtigkeit dieses Befundes aufkommen lassen könnten, habe ich die früheren Befunde einer Nachprüfung mit anderer verbesserter Methodik unterzogen; in den neuen Untersuchungen konnte ich die alten Befunde voll und ganz bestätigen.

1) Pfügers Archiv, Bd. 122, S. 5.

Darauf hielt Herr Kutscher den Vortrag:

Über Krabbenextrakt.

Seitdem in den deutschen Flüssen die Krebse selten geworden sind, hat die Industrie eine Anzahl Handelsprodukte auf den Markt geworfen, die gestatten sollen, billige und wohlschmeckende Krebsuppen zu bereiten. In der Regel werden die unter dem Namen Krebsextrakt, Krebsbutter etc. auftauchenden Präparate so dargestellt, dass man gekochte, leere Krebs- und Hummerpanzer mit heissem Fett auszieht. Der schöne, rote Farbstoff der Crustaceenschalen geht in das Fett und man kann mit diesem Fett eine aus Rindfleisch dargestellte Brühe versetzen und färben. Wasserlösliche Extraktstoffe, an die der den Krebsen eigentümliche Geruch und Geschmack hauptsächlich gebunden ist, sind in den gewöhnlichen Handelspräparaten meist nur in Spuren vorhanden.

In letzter Zeit wird jedoch von einer bestimmten Firma unter dem Namen Krabbenextrakt eine Ware vertrieben, deren wässrige Lösung auch wirklich nach Krebsen riecht und schmeckt, frei von Fett und reich an wasserlöslichen Extraktstoffen ist. Sie stellt nach den Angaben der Firma eine eingedickte Fleischbrühe dar, die aus den Nordseegarneelen (*Crangon vulgaris*) gewonnen wird. Dieser Krabbenextrakt wäre demnach in ganz ähnlicher Weise bereitet, wie die bekannten Fleischextrakte des Handels, bei denen Rindfleisch als Ausgangsmaterial benutzt wird. Die genaue Kenntnis derartiger Extrakte ist nun für die Ernährungsphysiologie von einigem Interesse, deshalb ist von Ackermann und mir auch der Krabbenextrakt näher untersucht worden.

Bisher sind daraus von uns folgende krystallinische Substanzen dargestellt worden:

1. Hypoxanthin,
2. Leucin,
3. Tyrosin,
4. Arginin,
5. Lysin,
6. Betain,
7. Neosin,
8. Methylpyridylammoniumhydroxyd,
9. Eine Base der Formel $C_{13} H_{20} N_2 O_4$,
10. " " " " $C_{13} H_{26} N_2 O_3$,
11. Fleischmilchsäure.

Einzelne der aufgeführten Körper haben sich auch im gewöhnlichen Fleischextrakt nachweisen lassen, nämlich das Hypoxanthin, Neosin und die Fleischmilchsäure. An Stelle des Arginins findet man hier dagegen das nahe verwandte Kreatin.

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

Entmischung labiler isomorpher Mischungen in der Feldspatgruppe.

Durch seine Beobachtungen an gewissen diallagartig struierten Augiten, über die in früheren Jahren an dieser Stelle berichtet wurde,¹⁾ war der Verfasser auf die Analogien aufmerksam geworden, die zwischen dieser Struktur und der Mikroklinstruktur bestehen, und zur Erklärung der Erscheinungen beim Augit zu der gleichen Annahme geführt worden, die R. Brauns zur Erklärung der Mikroklinstruktur gemacht hatte, nämlich dass es sich um eine sekundäre Erscheinung handelt, verursacht durch eine Labilität der isomorphen Mischung zweier Komponenten von verschiedenem Symmetriegrade, die in der Symmetrie des höher symmetrischen Gliedes kristallisiert sind und eine Umlagerung in die niedriger symmetrische Kristallform erleiden.

In einer späteren Mitteilung²⁾ wurden diese Verhältnisse unter dem Gesichtspunkt des kristallochemischen Gleich-

1) Diese Sitzungsberichte, Juli 1905, Nr. 6.

2) Ebenda März 1907, Nr. 3.

gewichts besprochen. Es ergab sich, dass wir durch diese Annahme eine Erklärung für einige der interessanten polysymmetrischen Körper finden können und dass sich solche Erscheinungen, wie wir sie bei den Feldspäten und Pyroxenen beobachten, auch noch in anderen Fällen, z. B. in der Epidotgruppe, nachweisen lassen.

Ganz unabhängig davon ist später W. Wahl¹⁾ zur Betrachtung dieser Analogien zwischen der Feldspat- und der Pyroxengruppe gekommen, wobei er neben der Mikroklinstruktur auch die Perthitstruktur behandelt. Demselben Verfasser verdanken wir eine wichtige Arbeit über die kalkarmen monoklinen Pyroxene,²⁾ also gerade der an der Grenze zwischen rhombischem und monoklinem Augit stehenden Glieder. Die Ansicht dieses Autors weicht aber von der hier vertretenen ab, indem er eine Dimorphie, also die Existenz einer höher und einer niedriger symmetrischen Modifikation, annimmt; auch wendet er sich noch besonders gegen die Auffassung als polysymmetrische Körper von P. Groth.

Wir haben also drei Ansichten, da die hier vertretene Anschauung sich wieder von der zuletzt erwähnten dadurch unterscheidet, dass nach ihr wirklich zwei verschiedene Komponenten [Kalifeldspat monoklin, Natronfeldspat triklin und $(Mg, Fe) SiO_3$ (Enstatit, Bronzit) rhombisch, $CaSiO_3$ (Wollastonit und in den monoklinen kalkhaltigen Augiten) monoklin] existieren, während nach Groth die höher symmetrische Modifikation eines polysymmetrischen Körpers nur scheinbar von höherer Symmetrie ist und in Wirklichkeit eine submikroskopische Zwillingsverwachsung von innig feinen Lamellen der niedriger symmetrischen Form darstellt. Eine vierte Annahme wäre diejenige, dass die monoklinen Feld-

1) Öfversigt af Finska Vetenskabs-Societetens Förhandlingar. L 1906/7 No. 2. Helsingfors 1908 (deutsch).

2) Die Enstatitaugite. Helsingfors 25. Mai 1906 und Tschermaks min. u. petr. Mitt. XXVI. Bd. Heft 1 u. 2. 1907.

späte in Wahrheit triklin sind und nur pseudo-mono-symmetrischen Habitus besitzen¹⁾, dass also das Glied von scheinbar höher symmetrischer Form nur einen Grenzfall darstellt.

Gegen die Annahme einer primären submikroskopisch lamellaren Struktur im Orthoklas und die spätere Herausbildung mikroskopisch sichtbarer Zwillinglamellen im Mikroklin spricht nach der Meinung des Verf. vor allem ein Umstand. Wir sehen vielfach, dass in den Fällen der Annäherung an höhere Symmetrie sehr auffällig das Bestreben des wachsenden Kristalls auftritt, die fehlenden Symmetrieelemente durch Zwillingbildung nach eben diesen Kristallflächen oder Kanten [z. B. nach der fehlenden Symmetrieebene beim Albitgesetz, nach der fehlenden Symmetrieaxe beim Periklingesetz] zu ergänzen. Man könnte also sehr wohl annehmen, dass diese Zwillingbildung umso intensiver (also durch immer häufigere Wiederholung in immer feinerer Lamellierung) zur Geltung kommen müsste, je grösser die Annäherung an die höher symmetrische Kristallstruktur ist; dann wird man aber auch annehmen müssen, dass der Bau des Zwillingkristalls umso fester und stabiler sein wird, je inniger die Zwillingbildung ist; die Umlagerung würde diesem offensichtlichen Bestreben gerade entgegengesetzt gerichtet sein. Dass man bei Annahme immer feinerer Lamellen schliesslich bis zur Grösse des Moleküls, also tatsächlich zur höher symmetrischen Kristallstruktur kommt, hat der Verf. schon in der vorigen Mitteilung hervorgehoben. Dass die optischen Eigenschaften eines solchen submikroskopischen Zwillinggebildes mit denen des einfachen höher symmetrischen Kristalls übereinstimmen können, hat Michel-Lévy für Mikroklin und Orthoklas gezeigt.

Eine einwandfreie Entscheidung wird sich ebensowenig in der Frage, ob Dimorphie oder nicht, treffen lassen, so

1) vergl. C. Hintze, Handb. d. Mineralogie II 1332 u. Anm. 2.

lange nicht die Doppel­existenz einer der Komponenten im chemisch reinen Zustande in den Formen der höheren und der niederen Symmetrie bewiesen ist, also z. B. neben Albit reiner Natronorthoklas ohne Kali, neben Enstatit $MgSiO_3$ in monokliner Form. Auch W. Wahl hält die Frage für Orthoklas und Mikroklin nicht für entschieden (l. cit. 10 d. Sep.-Abdr.). Wesentlich ist ihm hier die Analogie mit der Pyroxengruppe. Für die letztere konnte er sich auf die Untersuchungen von E. T. Allen, F. E. Wright und J. K. Clement¹⁾ beziehen, die in der Tat glaubten die Dimorphie von $MgSiO_3$ in der Augitgruppe nachgewiesen zu haben. Der Verf. bemerkte in seinem Vortrage, dass nach seiner Meinung die Existenz des monoklinen $MgSiO_3$ noch keineswegs als sicher anzusehen sei, dass sich diese beiden Modifikationen zum Teil ähnlich zu einander verhalten würden wie die hypothetischen dimorphen Natronfeldspäte. Er behielt sich vor, hierauf später einzugehen, da sich die nachfolgenden Ausführungen nur mit der Feldspatgruppe beschäftigen sollen. Noch vor dem Druck dieses Berichtes ist eine Arbeit von F. Zambonini erschienen²⁾, der in der Tat die Übereinstimmung des „Klinoenstatits“ mit dem gewöhnlichen rhombischen Enstatit erweist. Es sei gestattet, seine Resultate hier noch hinzuzufügen (l. cit. 12): „Wir gelangen also zu dem Resultate, dass Enstatit und Klinoenstatit äusserst nahe stehende Krystallformen, gleiche Spaltbarkeitsverhältnisse, gleiches spez. Gewicht, gleiche Brechungsindices besitzen. Fügen wir noch hinzu, dass kein bestimmter Umwandlungspunkt zwischen diesen zwei behaupteten polymorphen Modifikationen existiert, so entsteht die Frage, wo die Unterscheidungsmerkmale dieser »Modifikationen« zu finden sind. . . . Nach dem

1) Minerals of the Composition $MgSiO_3$; a Case of Tetramorphism. Am. Journ. of Science. 172. 4. Ser. Vol. XXII. 1906. 385.

2) Die morphotropischen Beziehungen zwischen Enstatit, Diopsid, Hedenbergit, Ägirin und Spodumen. Zschr. f. Krystallographie u. Min. 46, 1909, 1:

jetzigen Stande unserer Kenntnisse können wir also schliessen, dass Enstatit und Klinoenstatit keine polymorphen Modifikationen darstellen.“

Die Entstehung des Mikroklin aus Orthoklas ist — ganz gleich, ob wir die Auffassung von P. Groth als polysymmetrische Umlagerung oder die hier vertretene Ansicht von R. Brauns als Umwandlung in die stabile Form der niederen Symmetrie annehmen wollen — mehr ein physikalischer Akt, bei dem sich an der chemischen Beschaffenheit des Ganzen nichts ändert. Es entsteht nur aus dem vorher optisch einheitlichen Kristall das bekannte gitterartig verzwilligte Gebilde des Mikroklin (cf. Tafel, Fig. 1). In der Diallagstruktur finden wir noch etwas anderes. Solche Augite sind nur zum Teil ein System von Lamellen der monoklinen Modifikation, zum Teil sind diese auch verwachsen mit gleich orientierten Lamellen von rhombischem Pyroxen. Hier findet also eine Scheidung beider Modifikationen statt und wir werden nunmehr eine chemische Verschiedenheit der einzelnen Teile annehmen müssen. W. Wahl vergleicht diese Gebilde mit dem Perthit der Feldspäte und schlägt vor, sie als Pyroxenperthit zu bezeichnen. In der Tat haben wir auch hierin noch eine weitergehende Analogie zwischen der Feldspat- und der Augitgruppe.

Der Name Perthit wurde von Thomson einem Feldspat von Perth in Canada gegeben, der sich später durch die Analyse als Natronkalifeldspat erwies und durch weitere Untersuchungen als eine Verwachsung von Orthoklas mit Albit erkannt wurde. Die petrographischen Forschungen ergaben dann, dass solche mikroskopische Verwachsungen der beiden Feldspäte sehr verbreitet sind, und F. Becke führte dafür den Namen Mikroperthit ein. W. C. Brögger bezeichnete auf Grund der Erkenntnis, dass sich solche Mikroperthite durch sekundären Zerfall des Natronorthoklases in Kalifeldspat und Albit erklären liessen, diese z. T. noch vorhandene Natronorthoklassubstanz als Kryptoperthit.

H. Rosenbusch¹⁾ meint: „Es dürften auf diese Weise vielleicht alle denkbaren Übergänge von mikroskopischer lamellarer Verwachsung bis geradezu isomorpher Mischung vorkommen, wie andererseits alle Übergänge von diesen mikroskopischen Verwachsungen, welche Fr. Becke sehr glücklich mikroperthitische genannt hat, zu den makroskopischen bekannt sind.“

Die gewöhnlichen Perthite sind Verwachsungen eines überwiegenden Kalifeldspates mit Albit oder Plagioklas. Je nach der Natur des ersteren unterscheidet man dann auch Orthoklasperthite und Mikroklinperthite oder -mikroperthite. Es kommt aber auch der umgekehrte Fall vor, dass die Plagioklassubstanz überwiegt, also gleichsam der Wirt ist, und F. E. Suess²⁾ bezeichnet diese nach einem Vorschlage F. Beckes als Antiperthite. Es erübrigt hier, auf eine weitergehende Diskussion der Perthite einzugehen; es sei auf die Zusammenstellung von O. Wenglein³⁾ und die andere Literatur verwiesen.

1) H. Rosenbusch und E. A. Wülfing, Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien. 2. Hälfte, spezieller Teil 4. Aufl. von H. Rosenbusch. 1905. 306.

2) Ueber Perthitfeldspäte aus kristallinen Schiefergesteinen. Jahrbuch der K. K. geolog. Reichsanstalt LIV. Bd. 1904. Wien 1905. 419.

3) Ueber Perthitfeldspäte. Inauguraldissertation Kiel 1903. — Es sei bei dieser Gelegenheit ein Vorwurf zurückgewiesen, der dem Verf. in der erwähnten Diss. gemacht wird. O. Wenglein schreibt p. 63: „Dass Lehmann den Mikroklin überhaupt als eine solche Albitpseudomorphose auffasst, wie Schwantke berichtet, ist eine völlig falsche Darstellung.“ Es handelt sich um einen Passus meiner Monographie: Die Drusenmineralien des Striegauer Granits, Leipzig 1896, p. 16, die dort referierte Darstellung Lehmanns steht im 64. Jahresbericht d. Schles. Gesellsch. f. vaterl. Kultur i. J. 1886. Breslau 1887. 122. Man vergleiche:

Lehmann:

„Die grosse, mikroskopisch wahrnehmbare Menge des Albits weist nun ebenso wie das Studium

Schwantke:

Becker betrachtete den Striegauer Feldspat als Orthoklas. Beutell wies dann nach, dass er als

Figur 2 zeigt einen Mikroklinmikroperthit zum Vergleich mit dem einheitlichen Mikroklin in Fig. 1. Die hellen Bänder der Albiteinlagerungen in der Mikroklingrundmasse zeigen z. T. eine parallele Begrenzung und eine orientierte Richtung untereinander und zur Orientierung des Wirts, z. T. aber auch eine unregelmässige Verzweigung. Die Figur ist deshalb gewählt worden, um gewissermassen beide Arten der Verwachsung zu repräsentieren. Die Struktur der Perthite ist aber sehr mannigfaltig; die orientierten Einlagerungen gehen nach verschiedenen Flächen und Richtungen des Kalifeldspates und neben den ganz regelmässig orientierten Verwachsungen finden sich allerhand Zwischenstufen bis zu gänzlich unorientierten Einlagerungen. W. Wahl ist der Meinung¹⁾, dass die beiden Arten der orientierten und nicht-orientierten Verwachsung „zwei verschiedene Typen von perthitischen Strukturen, die bei jeder Diskussion auseinander gehalten werden sollten“, repräsentieren, und findet auch, dass sie an verschiedene Gesteine, die orientierten an solche der Alkalireihe, gebunden seien. In den letzteren tritt der Albit „auf allen möglichen unregelmässigen Sprüngen

jener Vorkommnisse überhaupt darauf hin, dass diese Feldspate gleichsam Pseudomorphosen von Albit nach Orthoklas sind und das trifft ganz besonders für die trüben Feldspate von Striegau und vom Hirschberger Tal zu“ (im Original nicht gesperrt).

Mikroklin im Sinne von Descloizeaux aufzufassen sei, wogegen sich später Lehmann wandte, der darauf hinwies . . . (folgt das Referat über die Ausführungen Lehmanns) . . . Er betrachtet deshalb den Mikroklin lieber „gleichsam als Pseudomorphose von Albit nach Orthoklas.“

Selbst wer annehmen würde, dass ich in meiner Monographie nicht nur von Striegauer Mineralien handeln wollte, müsste doch durch den Anfang meines oben zitierten Abschnittes eines besseren belehrt werden. Dass ich aber berechtigt war, die Lehmann'sche Ansicht für den Striegauer Feldspat so anzuführen, wie ich es getan habe, ergibt der obige Vergleich.

1) l. cit. (Öfversigt etc.) 14 u. 15 d. Sep.-Abdr.

ausser auf bestimmten Spaltrichtungen¹⁾ auf.“ „Wenn der Natronfeldspat nun auch zuweilen in diesem Falle ursprünglich dem Kalifeldspat homogen beigemischt gewesen ist, so ist die Perthitstruktur in diesem Falle doch sicherlich eine sekundäre Erscheinung. Bei manchen von Druck relativ wenig beeinflussten sauren Graniten . . . ist die Perthitstruktur eine recht regelmässige, und deutlich sekundäre Spaltenausfüllungen kommen nicht vor. Die Struktur ist jedoch nicht die regelmässige unter a) erwähnte . . . und ist leicht von dieser zu unterscheiden, sie ist wahrscheinlich durch den Zerfall eines primär natronkalkreichen Kalifeldspats gebildet worden.“ Bezüglich der orientierten Perthite heisst es: „Da sie in Gesteinen vorkommen, die von Druckphänomenen oder zirkulierenden Lösungen nicht beeinflusst sind, dürften sie entweder eine ursprüngliche, durch gleichzeitige Kristallisation der Komponenten gebildete Verwachsung sein, oder durch späteren Zerfall (während der Abkühlung) eines bei der Kristallisation einheitlichen Feldspates gebildet worden sein.“ W. Wahl bemerkt endlich noch: „In mehreren in den letzten Jahren erschienenen Arbeiten sind diese zwei Typen nicht voneinander getrennt worden, und die Urteile über die Mikroperthitstruktur sind deshalb recht einseitig geworden.“ Aber man sieht, dass auch seine Anschauungen doch sehr von der theoretischen Annahme abhängen, die er über die Entstehung dieser Feldspäte macht.

Die Diskussion über den Mikroklin und die über den Perthit zeigen in ihrer Geschichte eine unverkennbare Analogie. Immer drängen sich die Tatsachen auf, die offensichtlich für eine sekundäre Natur dieser Gebilde sprechen, aber immer treten den Erklärungsversuchen wieder andere Fälle entgegen, die sich nicht gut damit vereinigen lassen. Zu der Erklärung einer Umwandlung durch Temperaturänderung oder durch Druck kommt bei den Perthiten noch die An-

1) von mir gesperrt.

nahme einer Umwandlung oder Stoffzuführung von aussen. Immer aber sind es äussere Faktoren, die den Umwandlungsprozess einleiten und die für die Erklärung aller Erscheinungen von Fall zu Fall ausgewechselt werden müssen.

Es ist sehr bezeichnend, dass noch O. Wenglein bei seinen zusammenfassenden Untersuchungen über die gesamten Perthitfeldspäte zu einer Ansicht gelangte, die wir — wenigstens nach der Ansicht des Verfassers — heut nicht mehr aufrecht erhalten werden, und die die eben angedeuteten Verhältnisse getreulich widerspiegelt. Er fasst seine Resultate ¹⁾ folgendermassen zusammen:

„Die Mikroklingitterung ist als eine nachträgliche Bildung aus Orthoklas anzusehen, die Ursache der Entwicklung dieser Form waren in der Hauptsache durch erhöhte Temperatur hervorgerufene Spannungen, welche bei ihrer Auslösung Kontraktionen mit daraus resultierender molekularer Umlagerung und Zwillingsstruktur zur Folge hatten. Einige wenige Ausnahmen sind zulässig.“

„Ebenfalls späteren Ursprungs sind die in den Kalifeldspat eingelagerten perthitischen Albitlamellen. Sie können ihr Material einerseits aus der natronhaltigen Grundmasse bezogen haben, in der sie als Schnüre wiederzufinden sind, indem längs Kontraktionssprüngen zirkulierende Wasser oder mineralische Lösungen den Natrongehalt aus den angrenzenden Gebieten auslaugten und an Ort und Stelle zur Ausscheidung brachten; dann muss aber eine entsprechende Verwitterungszone diesen Vorgang bezeichnen.“

„Andererseits, und dies ist bei den Perthiten jedenfalls die hauptsächlich verbreitete Entstehungsart, haben sich Albitsolutionen auf den Kontraktionssprüngen Eingang verschafft, nachdem vielleicht vorher ätzende Lösungen die Spalten erweiterten.“

1) l. cit. 69.

„Die vorgenannten Ansichten verraten bereits den innigen Zusammenhang der Mikroklinstruktur mit dem Perthit. Infolge von Kontraktionen entstanden im Orthoklas Sprünge und Spalten, die sich durch ihre gesetzmässige Anordnung zu erkennen geben. Bei dieser plötzlichen Auflösung von stattgehabten Spannungen kam auch in den diesen Rissen benachbarten Partien eine Zusammenziehung der Mineralteilchen zustande, welche dasselbe Resultat hatte, wie es schon vorher angeführt wurde, nur dass dort eventuell infolge eines langsamen Nachlassens der Spannungen und langsamen Abkühlens des erhitzten Gesteins eine Zerreiſung vermieden wurde. Die Einlagerung der die Perthite bedingenden Albitlamellen ging dann in der Weise vor sich, wie ich sie oben geschildert habe.“

Der Verfasser ist gewiss davon überzeugt, dass die gleiche Erscheinung oft auf sehr verschiedenem Wege zustandekommen kann. Er hat aber das eben Zitierte absichtlich ausführlich wiedergegeben, um Begriffe wie Kontraktionsrisse und zirkulierende Albitsolutionen unmittelbar wirken zu lassen. Jeder der die hier besprochenen Dinge petrographisch studiert hat, weiss, wie schwer es ist, sich davon eine lebendige Vorstellung zu machen. Man wird deshalb unzweifelhaft einer Theorie den Vorzug geben, die solche Schwierigkeiten vermeidet.

Die Annahme von R. Brauns für den Mikroklin stützt sich, wie schon in der früheren Mitteilung an dieser Stelle bemerkt wurde, als auslösende Ursache auf die Änderung von Druck und Temperatur, also auf von aussen wirkende Faktoren. Der letzte Grund liegt hier jedoch in der Substanz selbst, und wir brauchen nur diesen Zustand als einen von Anfang an labilen aufzufassen (mit sehr geringer Umwandlungsgeschwindigkeit), so verschwinden auch die Einwände, die dagegen z. B. wegen der durch Druck sicher wenig beeinflussten Drusenfeldspäte gemacht werden können. W. Wahl geht auf die Brauns'sche Theorie nicht ein. Im

Original¹⁾ ist sie vielleicht nicht überall zugänglich, aber durch die ausführliche Besprechung von C. Hintze²⁾ ist sie allgemein bekannt. Allerdings hat aber R. Brauns selbst seine Meinung wenig später verlassen und den Orthoklas und Mikroklin wieder als Beispiel zweier dimorpher Modifikationen angegeben.³⁾ Das stimmt also ganz mit der Ansicht W. Wahls überein. Auch dieser betrachtet die Kalinatronfeldspäte hauptsächlich unter dem Gesichtspunkte der Umwandlungen dimorpher Körper. Er spricht zwar, wie oben angegeben bei den Perthiten z. T. von dem „Zerfall“ der Orthoklase, ohne aber auf die Natur dieses Vorgangs näher einzugehen, obschon er die Arbeit von J. H. L. Vogt zitiert, die den Vorgang der Perthitbildung vom physikalisch-chemischen Standpunkte aus behandelt.⁴⁾ Dieser kommt zu dem Resultat:

(l. cit. 539) „Aus den schon von vielen früheren Forschern hervorgehobenen Gründen zieht sich der Schluss, dass das chemische Material zu den perthitischen Albitlamellen (oder im allgemeinen *Ab*-reichen Plagioklaslamellen) der Orthoklas- und Mikroklinmikroperthite aus dem ursprünglichen Feldspat her stammt.“

„Aus der sekundären Aussonderung der Perthitlamellen, mit chemischem Material aus dem primären *Ab* + *An*-haltigen Kalifeldspat her stammend, folgt, dass diese Aussonderung in der festen Phase stattgefunden hat.“

(541) „Wichtige Gründe lassen sich andererseits für die von Michel-Lévy 1879 aufgestellte und von vielen späteren Forschern angenommene Auffassung anführen, nämlich dass Orthoklas und Mikroklin physikalisch identisch sind, indem der Orthoklas aus einer submikroskopisch feinen Über-

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

2) Handbuch der Mineralogie II. 1334.

3) Chemische Mineralogie. Leipzig 1896. 174.

4) Physikalisch-chemische Gesetze der Krystallisationsfolge in Eruptivgesteinen. Tschermaks min. u. petr. Mitt. 24. Bd. 1905. 437.

einanderlagerung asymmetrischer Lamellen nach dem Albit- und Periklingesetz gebaut ist.“

„Unter dieser Voraussetzung ist die Aussonderung der perthitischen Lamellen einfach als eine Entmischung zu erklären.“

Die Anschauung dieses Forschers vom Mikroklin deckt sich also mit der von P. Groth. Aber auch die vom Verf. und früher von R. Brauns vertretene Ansicht steht mit der sonstigen Theorie Vogts nicht im Widerspruch. Im Gegenteil, sie erhält durch diesen Vorgang der Entmischung eine Stütze, denn wir können nun annehmen, dass die isomorphe Beimischung von Albitsubstanz in jedem Falle eine Labilität des primären Orthoklases zur Folge hat, die bei geringer Menge der beigemischten Komponente nur eine Umlagerung in die niedriger symmetrische Form bewirkt, bei grösseren Mengen dagegen zu einer Entmischung führen muss.

Bezüglich des Mikroklin ist aber hier noch eine Tatsache hervorzuheben, die zu Gunsten der Michel-Lévyschen Theorie gegen die hier vertretene Ansicht zu sprechen scheint, und auf die sich auch W. Wahl stützt. H. Förstner¹⁾ hat an Kalinatronfeldspäten von Pantelleria nachgewiesen, dass gewisse Feldspäte bei höherer Temperatur eine Umlagerung der Lamellen in die monokline Form erfahren und umgekehrt beim Sinken der Temperatur wieder triklin (mit Zwillingsstruktur) werden, sich also ganz ähnlich wie zwei enantiotrop dimorphe Modifikationen verhalten. Nun können wir das Zustandekommen der Entmischung nur dadurch begreifen (wie auch J. H. L. Vogt ausführt), dass der Kalifeldspat bei der höheren Temperatur, bei der er sich bildet, mehr Albitsubstanz aufzunehmen vermag, die sich dann bei niedriger Temperatur ausscheiden muss.

1) Zeitschrift f. Krystallographie I. 1877. 547; VIII. 1884. 125; XIX. 1891. 560.

Eine Wiederauflösung durch Temperatursteigerung nach der Entmischung ist dann naturgemäss ohne Wiedereinschmelzung nicht möglich, wohl aber kann der rein physikalische Vorgang der Umlagerung sich ebensowohl vorwärts wie rückwärts vollziehen. Der ganze Unterschied der Anschauungen ist nur der, dass — wie schon oben pag. 3 hervorgehoben wurde — dem Verf. eben eine totale Umlagerung begreiflicher erscheint, als ein blosses Dicker- oder Dünnerwerden der Zwillingslamellen.

J. H. L. Vogt hat aus den vorhandenen Analysen die Aufnahmefähigkeit des Kalifeldspats für das Albit- und Anorthit-silikat berechnet und gefunden, dass die beobachteten Plagioklasmengen im Perthit damit im Einklang stehen.

In einer früheren Mitteilung¹⁾ hat der Verf. auf den Unterschied aufmerksam gemacht, der zwischen einer isomorphen Mischung der gleichartig zusammengesetzten Alkalifeldspäte und einer solchen von Alkalifeldspat mit dem kiesel-säureärmeren Kalkfeldspatsilikat besteht. Bei den ersteren Mischungen können wir sagen, dass eine direkte isomorphe Vertretung des *K* durch das *Na* stattfindet, während im zweiten Falle die Vertretung des *Na* oder *K* durch das höherwertige *Ca* nur bei gleichzeitigem Ersatz von *Si* durch das niedrigerwertige *Al* stattfinden kann; der Verf. bezeichnete diese Mischungen als solche der höheren Ordnung.

Mit der steigenden Menge von Plagioklassubstanz im Alkalifeldspat muss die Ziffer für den Prozentgehalt an SiO_2 sinken und für Al_2O_3 steigen, wie die nachstehende Tabelle an den auf die Summe 100 berechneten Gewichtsprozenten für die Plagioklasmischungen von Albit und Anorthit nach E. A. Wülfing²⁾ und an den entsprechend berechneten Werten für Orthoklas und Anorthit erkennen lässt.

1) Diese Sitzungsberichte, Januar 1908.

2) Rosenbusch-Wülfing, Mikroskopische Physiographie, 4. Aufl. Bd. I, 2. Hälfte, 330.

	$Ab_{100}An_0$	$Ab_{95}An_5$	$Ab_{90}An_{10}$	$Ab_{85}An_{15}$	$Ab_{80}An_{20}$	$Ab_{75}An_{25}$
SiO_2	68,81	67,46	66,12	64,79	63,46	62,14
Al_2O_3	19,40	20,31	21,22	22,12	23,01	23,90
CaO	—	1,06	2,11	3,16	4,21	5,25
Na_2O	11,79	11,17	10,55	9,93	9,32	8,71

	$Or_{100}An_0$	$Or_{95}An_{10}$	$Or_{90}An_{10}$	$Or_{85}An_{15}$	$Or_{80}An_{20}$	$Or_{75}An_{25}$
SiO_2	64,84	64,29	63,70	63,13	62,45	61,77
Al_2O_3	18,29	18,76	19,25	19,78	20,32	20,90
CaO	—	0,51	1,06	1,58	2,23	2,87
K_2O	16,87	16,44	15,99	15,51	15,00	14,46

	$Or_{100}Ab_0$	$Or_{95}Ab_5$	$Or_{90}Ab_{10}$	$Or_{85}Ab_{15}$	$Or_{80}Ab_{20}$	$Or_{75}Ab_{25}$
SiO_2	64,84	65,03	65,22	65,41	65,60	65,79
Al_2O_3	18,29	18,34	18,39	18,44	18,50	18,55
K_2O	16,87	16,07	15,27	14,47	13,65	12,84
Na_2O	—	0,56	1,12	1,68	2,25	2,82

Die ebenso berechneten Werte für die Beimischung von Albit zum Orthoklas ergeben ein Steigen der Zahlen für SiO_2 und Al_2O_3 , aber die SiO_2 -werte steigen hier viel langsamer als sie durch Anorthitbeimischung sinken, es wird also auch bei ungefähr gleichen Mengen von Na_2O und CaO die Ziffer der SiO_2 sinken müssen.

Vergleicht man hiermit die vorhandenen Analysen von kalk- und natronhaltigen Kalifeldspäten, so sieht man, dass ein Teil ganz gut damit übereinstimmt.

	<i>SiO₂</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>K₂O</i>	<i>CaO</i>	<i>Na₂O</i>	Summe	inklusive
1	61,80	23,61	11,21	1,53	—	99,20	1,05 <i>MgO</i>
2	63,45	19,73	13,17	1,70	—	98,58	0,53 <i>MgO</i>
3	64,03	19,17	11,84	1,38	1,37	99,82	0,30 <i>Fe₂O₃</i> , 0,22 <i>MnO</i> , 0,94 <i>MgO</i> , 0,57 <i>H₂O</i>
4	63,54	17,36	12,93	1,34	1,70	100,24	1,87 <i>Fe₂O₃</i> , 0,38 <i>MnO</i> , 0,94 <i>MgO</i> , 1,12 <i>H₂O</i>
5	64,48	20,00	12,81	1,01	1,72	100,66	0,64 <i>H₂O</i>
6	60,73	20,86	13,18	1,16	1,02	99,59	1,50 <i>MgO</i> , 1,14 Glüh- verlust

	Quelle	Fundort	analysiert von
	1—5 nach C. Hintze, Handbuch der Mineralogie, Analysentabelle bei Kalifeldspat Nr.		
1	CXXV	Kunětitz b. Pardubitz	Jahn 1862
2	CLIII	Elba	Stagi 1873
3	CCI	Clattering Briggs in Aberdeenshire	Heddle 1877
4	CCXIII	Canisp, Sutherl.	Heddle 1877
5	CCXVIII	Peterculter, Aberdeen	Haughton 1870
6	G. Linck, Neues Jahrbuch f. Min. 1907. I. 25	Campolongo	Marc 1906 (?)

Eine Anzahl anderer Analysen stimmen aber mit der Annahme von $Or + Ab + An$ nicht überein.

	SiO_2	Al_2O_3	K_2O	CaO	Na_2O	Summe	inklusive
1	66,75	17,50	12,00	1,25	—	98,28	0,75 Fe_2O_3
2	65,62	17,16	12,67	2,44	0,44	100,00	1,67 Fe_2O_3 , Spur MgO
3	65,24	18,15	14,96	1,28	Spur	99,63	—
4	65,76	18,31	14,06	1,20	"	99,32	—
5	66,22	19,13	12,33	1,10	1,01	100,09	0,21 MgO , 0,09 H_2O
6	66,43	17,03	13,96	1,03	0,91	99,85	0,49 Fe_2O_3
7	65,69	17,97	13,99	1,34	1,01	100,00	—
8	65,55	17,99	13,74	1,50	1,54	100,32	—
9	69,30	14,28	9,79	2,03	2,11	99,74	0,42 Fe_2O_3 , 0,28 FeO , 0,14 MgO , 0,60 P_2O_5 , 0,46 H_2O

	Quelle	Fundort	analysiert von
	1—8 nach C. Hintze, Handbuch der Mineralogie, Analysentabelle bei Kalifeldspat Nr.		
1	I	Lomnitz	Val. Rose 1802
2	LVIII	Lutterbach i. Siebengeb.	Lasch 1852
3	CXLVI	St. Gotthard	R. Müller 1877
4	CCXXIII	Arendal	Jewreinow 1839
5	XXI	Grube Himmelfahrt bei Freiberg i. S.	Richter 1862
6	XXXII	Marienberg i. S.	Kröner 1846
7	CXLIV	St. Gotthard	Abich 1840
8	CCXXIV	Arendal	Schulz 1860
9	Chelius, Neues Jahrbuch für Min. 1896. II. 71	Oberwald bei Steinau i. Odenwald	Grossherzogl. Hess. Prüfungsstation in Darmstadt 1894

Die Analysen sind zum Teil schon recht alt, aber sie stimmen doch miteinander zu gut überein, als dass man an Analysenfehler denken sollte. Ausserdem weisen die Fund-

orte wie Arendal und St. Gotthard darauf hin, dass sie an recht gutem und reinem Material angestellt sein werden. Wir haben uns also nach einer anderen Erklärung umzusehen und könnten eine solche finden, wenn es zulässig wäre, anstelle der isomorphen Mischung von höherer Ordnung $Or + An$ eine Mischung der ersten Ordnung von Kalifeldspat + einem Feldspat Fx anzunehmen, in der 2 Atome K durch das zweiwertige Atom Ca vertreten würden, also ein Fx von der Zusammensetzung $CaAl_2Si_6O_{16}$. Die Mischungen $Or + Fx$ hätten in analoger Weise wie oben für $Or + Ab$ berechnet folgende Zusammensetzung:

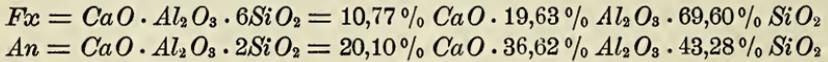
	$Or_{100}Fx_0$	$Or_{95}Fx_5$	$Or_{90}Fx_{10}$	$Or_{85}Fx_{15}$	$Or_{80}Fx_{20}$	$Or_{75}Fx_{25}$
SiO_2	64,84	65,07	65,29	65,55	65,74	65,97
Al_2O_3	18,29	18,35	18,41	18,48	18,54	18,60
K_2O	16,87	16,08	15,29	14,50	13,68	12,88
CaO	—	0,50	1,01	1,47	2,04	2,55

Man sieht, diese Mischungen verhalten sich ähnlich wie die Mischungen $Or + Ab$ und stimmen mit der zweiten Gruppe der Analysen recht gut überein.

Ein solcher Feldspat Fx ist nicht bekannt, wohl aber kennen wir ein wasserhaltiges Silikat, den Desmin, dem wir die Formel $(Ca, Na_2)Al_2Si_6O_{16} + 6H_2O$ zuschreiben und der auch bis gegen 2% K enthalten kann. Wir hätten also hier in umgekehrtem Verhältnis eine isomorphe Vertretung des überwiegenden $CaAl_2Si_6O_{16}$ durch untergeordnete Mengen von $K_2Al_2Si_6O_{16}$, aber jedenfalls die Tatsache der Existenz des Silikates Fx mit Kristallwasser und seiner Mischbarkeit mit Or . Die Annahme der Komponente Fx in den kalkhaltigen Orthoklasen der zuletzt gegebenen Analysen wäre also nicht völlig unbegründet, zumal wir wissen, dass auch noch weiterhin ganz offensichtliche Analogien zwischen den Silikaten

der Feldspatgruppe nebst den sogen. feldspatähnlichen Mineralien und einigen Zeolithen bestehen.

Das Silikat Fx würde sich vom Anorthit durch den höheren Kieselsäuregehalt unterscheiden.



Bei der Umwandlung in Anorthit müsste also ein Teil der Kieselsäure frei werden und dasselbe müsste eintreten bei der Entmischung eines solchen kalkhaltigen Kalifeldspates, da wir das Silikat Fx als für sich bestandfähig nicht kennen; wir werden dann erwarten, dass sich bei der Entmischung neben dem Plagioklas die überschüssige Kieselsäure als Quarz ausscheidet.

Verwachsungen von Quarz mit Kalifeldspat und Plagioklas haben wir in den schriftgranitischen oder mikropegmatitischen Bildungen. Wir wissen aber, dass es sich hier nicht um eine Ausscheidung des einen aus dem andern, sondern um eine Struktur handelt, die durch das gleichzeitige Auskristallisieren des eutektischen Gemisches bedingt ist. Solche Verwachsungen kommen auch zwischen chemisch ganz verschiedenen Mineralien zustande, wie z. B. zwischen Feldspat und Augit.¹⁾ Mit den mikropegmatitischen Quarz-Feldspatverwachsungen sind aber lange Zeit andere Bildungen zusammengestellt worden, die erst neuerdings wieder insbesondere durch F. Becke in den Vordergrund des Interesses gerückt sind. Es ist das der Myrmekit. Die Struktur dieser Gebilde veranschaulicht Fig. 3. Der Unterschied von der typischen Mikropegmatitstruktur wurde schon ziemlich früh erkannt, der Name wurde von Sederholm gegeben. Auf die geschichtliche Entwicklung soll hier nicht eingegangen werden, es sei auf die

1) Ausgezeichnete Verwachsungen dieser Art beobachtete d. Verf. im Dolerit von Ofleiden. Neues Jahrb. f. Min. Beil. Bd. XVIII. 1904. Taf. XLIII, Fig. 23.

Arbeiten von W. Petrascheck¹⁾ und F. Becke²⁾ verwiesen. Unsere derzeitige Kenntnis sei mit den Worten des letztgenannten Forschers wiedergegeben:

„1. Der Myrmekit besteht aus halbrunden oder kegelförmigen oder krustenartigen Partien von Plagioklas mit wechselndem, aber meist niedrigem Anorthitgehalt, welche von gekrümmten, bisweilen verästelten Quarzstengeln durchwachsen sind. Die Quarzstengel sind in der Regel partienweise Teile desselben Individuums.

2. Myrmekit findet sich ausschliesslich im Zusammenhang mit Kalifeldspat (Mikroklin), und zwar am häufigsten in die Rinde der Mikroklinkörner eingesenkt, dort wo diese an Plagioklas grenzen, nicht aber an der Grenze gegen den Quarz. Bisweilen umsäumt er auch im Mikroklin eingeschlossene Plagioklase und siedelt sich auch auf Klüften und Sprüngen des Kalifeldspates an.

3. Es besteht kein konstantes Verhältnis zwischen der Grösse des Kalifeldspates und der an seinem Rande auftretenden Myrmekitzone. Der Myrmekit kann den Kalifeldspat auch völlig verdrängen.

4. Der Plagioklas der Myrmekitkörner hat keine gesetzmässige Orientierung zum Kalifeldspat, in den er eingesenkt ist, aber er erweist sich häufig als orientierte Fortwachsung benachbarter Plagioklase. Die Myrmekitpartien setzen sich selten an die *P*-Flächen des Plagioklases, häufig dagegen an die Vertikalkanten, an die *y*-, *x*- und *o*-Flächen. Nur wenn Myrmekit als Fortwachsung an orientierten Plagioklaseinschlüssen des Mikroklin auftritt, ist er natürlich so wie diese parallel zum Wirt orientiert.

1) Über Gesteine der Brixener Masse und ihrer Randbildungen. Jahrb. d. K. K. geol. Reichsanstalt LIV. Bd. 1904, Wien 1905, Seite 70, Über den Myrmekit.

2) Über Myrmekit. Tschernaks Min. u. petr. Mitt. Bd. XXVII Heft 4.

5. Der Myrmekitfeldspat grenzt sich gegen den Kalifeldspat stets durch konvexe Flächen ab und die Quarzstengel sind divergent strahlig und ungefähr normal zu dieser Oberfläche gestellt; die gabelig verästelten Quarzstengel richten den offenen Winkel der Gabel immer dieser Oberfläche zu. Hierdurch entsteht der Eindruck, als würde der Myrmekit stets einwärts in den Kalifeldspat hineinwachsen. In frischen Gesteinen erscheint die Grenze zwischen Kalifeldspat und Myrmekit stets vollkommen scharf, bisweilen etwas gekerbt oder gezähnt.

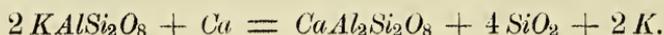
6. Die Zusammensetzung des Plagioklasgrundes im Myrmekit schwankt, wie es scheint, mit der Beschaffenheit des Gesteins, in dem er auftritt. . . . Je basischer das Gestein im ganzen, je anorthitreichere Plagioklase es enthält, desto anorthitreicher ist auch der Plagioklasgrund des Myrmekit.

7. Die Quarzmenge des Myrmekit unterliegt Schwankungen, die mit dem Anorthitgehalt des Plagioklasgrundes in Beziehung stehen.

. . . dass Petrascheck den äussersten aus Albit bestehenden Saum von Myrmekitkörnern quarzfrei fand. Diese Beobachtung konnte seither öfter wiederholt werden.“

Das beschriebene gegenseitige Verhalten zwischen Kalifeldspat, Myrmekit, Plagioklas und Quarz veranschaulicht Figur 4 (nach Petrascheck).

F. Becke hat eine Methode gefunden, um (neben der Bestimmung des Myrmekitplagioklases) die Menge des im Myrmekit ausgeschiedenen Quarzes zu messen, und hat dadurch (gemäss Nr. 7) gefunden, dass die beobachtete Quarzmenge zu der Anorthitmenge des Plagioklasgrundes in dem Verhältnis steht, das sich ergibt, wenn sich der Kalifeldspat durch Ersatz von $2K$ durch Ca in Anorthit umwandelt nach der Gleichung



Das ist aber genau die gleiche Quarzmenge, die entsteht, wenn das Silikat Fx sich in Anorthit umwandelt,



F. Becke nimmt eine Zuwanderung des Ca von aussen an die das K verdrängt. In dem frei werdenden K kann man dann die Ursache der vielfach zu beobachtenden sekundären Glimmerbildung erblicken. Der Ersatz des K durch Ca lässt sich unter dieser Annahme wohl nicht anders vorstellen, als ein Austausch unter dem Einfluss des Gesetzes der Massenwirkung. Wir werden aber dann nicht recht einsehen können, warum die Myrmekitgrundmasse gerade mit Vorliebe, wie auch Petrascheck betont, ein saurer Plagioklas ist. Vom Standpunkt der Entmischung ist das sehr begreiflich, denn wir sehen aus den zahlreichen Kalifeldspatanalysen, dass darin in der Regel mehr Na als Ca vorhanden ist. Das Schwanken des Anorthitgehalts des Myrmekit mit dem Anorthitreichtum der Gesteinsplagioklase spricht auch nicht gegen die Möglichkeit einer Entmischung, denn wir können uns sehr wohl vorstellen, dass in Ca -reicheren Gesteinen mehr Ca in den Kalifeldspat hineingehen wird als in Ca -ärmeren.

Dass sich der Myrmekit auch im Inneren des Mikroklin bildet, also nach Art der Perthite ist in 2 am Schluss ausgesprochen. Das Charakteristische ist aber wohl das randliche Auftreten mit gleichzeitiger Orientierung am Plagioklas; wir werden uns dies als eine isomorphe Fortwachsung vorstellen müssen und dabei wird es ebenso leicht möglich sein, an eine wirkliche Lösung, wie wir sie wohl bei der Zuwanderung des Ca von aussen annehmen müssen, zu denken, wie an die Ausscheidung aus einer festen Lösung bei Annahme einer Entmischung. Man könnte sogar in diesem Falle vielleicht die Möglichkeit in Betracht ziehen, dass der unmittelbar an den Kalifeldspat grenzende Plagioklas auf die feste Lösung einen ähnlichen direkten Einfluss,

ausübt, wie ein Kristall auf seine übersättigte Lösung. Petrascheck sagt (l. cit. 73): „Eine chemische, von Abscheidung von SiO_2 begleitete Wechselwirkung zwischen Orthoklas und den kalkreichen Plagioklasen ist nicht denkbar, obgleich¹⁾ das mikroskopische Bild sehr zur Annahme einer solchen verleitet.“ Gerade W. Petrascheck erörtert auch die Möglichkeit einer Ausscheidung des Myrmekit aus dem Kalifeldspat. „Könnte dem Orthoklas die Fähigkeit, neben Plagioklassubstanz auch noch Quarz zu lösen, zugesprochen werden, so könnte durch Ausfall der letzteren die Bildung der Quarzstengel erklärt werden.“

In keinem Falle wird man sich aber den Vorgang so vorstellen können, dass der *Ca*-Gehalt des ganzen Kalifeldspats nach dem Rande hin wandert, sondern nur das *Na* und *Ca* aus dem direkt zerfallenden Bereich werden sich im Plagioklas des Myrmekit vereinigen. So erklärt sich auch das in Abschnitt 3 Gesagte: Die Entmischung kann sowohl randlich als auch durch das ganze Korn hindurch erfolgen. Hier erhebt sich aber die Frage für solche Fälle, wo „der Myrmekit den Kalifeldspat völlig verdrängt“. Das wäre etwa der Fall, den Fig. 3 aufweisen würde (vergl. die Tafelerklärung). Es ergibt sich in der Tat eine Schwierigkeit, wenn wir nur eine begrenzte Menge der Silikate *Ab* und *Fx* im vorwiegenden *Or* annehmen. Es ist das wohl der einzige ernstliche Widerspruch, den die Hypothese einer Entmischung aus den Tatsachen heraus erfahren kann, und deshalb muss dies hier besonders hervorgehoben werden.

Dann dürfen wir aber auch betonen, dass es, wenn wir eine isomorphe Mischung erster Ordnung *Or* + *Fx* annehmen, vom theoretischen Standpunkte aus durchaus berechtigt ist, auch an die gleiche Möglichkeit solcher Mischungen *Ab* + *Fx* zu denken; durch ihren Zerfall würde sich solcher totaler

1) Von mir gesperrt.

Myrmekit bilden. Der saure Charakter des Myrmekitplagioklases findet seine Erklärung, wenn wir das Silikat Fx in Ab als nur begrenzt löslich annehmen. Wären die beiden Silikate unbegrenzt mischbar, dann würden ihre Mischungen auch stabil sein, das sind aber nur die Mischungen der höheren Ordnung in den Plagioklasen.

Es beruht also die Möglichkeit, die Myrmekitbildung unabhängig von einer Zuwanderung von neuer Substanz problematischer Herkunft von aussen als rein physikalisch-chemischen Vorgang allein mit den gegebenen Grössen zu erklären, auf der hypothetischen Existenz der Komponente Fx . Wie weit man dieser aufgrund der mitgeteilten Analysen eine Wahrscheinlichkeit zusprechen will, wird wohl so lange Ansichtssache bleiben müssen, bis neuere Analysen von solchen Ca -haltigen Kalifeldspäten ausreichendes Material zur Entscheidung dieser Frage geliefert haben.

Erklärung zur Tafel.

Fig. 1. Mikroklin (im polarisierten Licht bei + Nicols).

Fig. 2. Mikroklinmikroperthit. Die hellen breiten Bänder sind Albit.

Fig. 1 und 2 nach Hans Hauswaldt, Interferenzerscheinungen im polarisierten Licht. Neue Folge, Magdeburg 1904. Taf. 39 u. 41.

Fig. 3. Myrmekit (bei + Nicols). Nach Fritz Berwerth, Mikroskopische Strukturbilder der Massengesteine in farbigen Lithographien. Lieferung IV, Tafel 1, Myrmekitstruktur (Granit von Kangasala, Finnland).

Das Bild soll hier nur zur Veranschaulichung der Struktur dienen, es würde den Fall einer totalen Myrmekitbildung repräsentieren. (Es sei bemerkt, dass eine Zwillingsbildung des Plagioklasgrundes nicht zu erkennen ist.)

Den Vorgang der partiellen Myrmekitbildung veranschaulicht Fig. 4. Myrmekitzone im Kalifeldspat I gegen den Plagioklas II; sie ist nicht vorhanden an der Grenze von I und dem Quarz III.

Nach W. Petrascheck (l. cit.), Taf. IV, Fig. 1. Aufgenommen von F. Becke.

Aufgelegte Schriften:

- Atti reale accademia dei Lincei Bd. XVII. Fasc. 2—9. Roma 1908.
Desgl. Rediconto. Bd. II. 1908.
Dieselbe Akkademie: Elenco bibliografico. 1908.
Rediconto acc. scienze fis. matem. Napoli Bd. XIV. Fasc. 4—7. 1908.
Atti società Toscana sc. natur. Bd. XVII. Nr. 5. 1908.
Travaux scientif. université de Rennes. Bd. VI partie 1 u. 2. 1907.
Annales d. Z. société géol. de Belgique. Bd. XXVIII. Bulletin. 1908.
Boletin del Cuerpo de Ingen. de minas del Perú. Nr. 50, 58—62. 1907
u. 1908.
Bull. soc. imp. natural. Moscou. 1907. Nr. 1—3. 1908.
Bull. Acad. imp. St. Pétersb. 1908, Heft 12—16.
Travaux du Musée géol. Pierre le Grand. (Acad. St. Pétersb.) II. 1908.
Smithson. Miscellan. Collections. Deckblatt zu vol. 49. vol. 51,
No. 1803, 1807. vol. 53, No. 1804, 1805. vol. 52, No. 1792.
Smith. Contrib. to knowledge. vol. XXXIV. Nr. 1739. Deck-
blatt! 1907.
Yearbook U. St. Depart. Agriculture. 1907. Washingt. 1908.
U. St. Geol. Survey. Bullet. No. 328, 329, 332, 335, 337, 338, 340,
342, 343, 344, 345, 346, 348, 350. Washingt. 1908.
U. St. Geol. Surv. Water-Supply. Nr. 211, 212, 218. Washingt. 1908.
" " " " Monographs. Bd. 49. Ceratopsia 1907.
" " " " Profess. Papers. Nr. 56 u. 62. 1907 u. 08.
N. York State Educ. Depart. N. York Staate Museum. Mem. 9. 1900.
Transact. Ac. Science St. Louis. XVI, 8, 9. XVII, 1, 2. XVIII, 1.
1906—08.
Americ. Naturalist. v. XLII, Nr. 499—503. N. York 1908.
Bull. N. York Public Library. XII, Nr. 7—10. 1908.
Proceed. Amer. Acad. Arts & Sciences. v. XLIII, No. 17—22. Cam-
bridge b. Boston (Mass.) 1908.
Proceed. Acad. Natur. Sc. Philadelphia. vol. 60, p. 1. 1908.
" Philos. Soc. Philadelphia. vol. 47. N. 188. 1908.
Bull. Mus. Compar. Zoology. Harvard coll. v. 52, No. 4 u. 5. 1908.
Tokyo Zoological Society. vol. VI, p. 4. 1908.
Journal & Proceedings roy. Society of New South Wales. vol. 37—41.
Sydney 1903—1907.
Mem. & Proceed. Manchester liter. & philos. Soc. vol. 52, p. 3.
Manchest. 1907/8.

- Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam: Verslagen afdeeling Natuurkunde. Deel XVI, 1, 2. 1907 u. 08.
" " " " Verhandelingen. 1. sect. Deel IX. No. 5—7. 1908.
" " " " Verhandelingen. 2. sect. Deel XIII, Nr. 4—6. 1907.
" " " " Verhandelingen. 2. sect. Deel XIV, Nr. 1. 1907.
" " " " Jaarboek. 1907. Amsterd. 1908.
- Henriksen, Sundry geological problems, 2. ed. Christiania 1900.
- Upsala Universitet: Linneporträtt. Stockh. 1907.
" " Linné, bref och skrivelser. Stockh. 1907.
" " Årsskrift. 1907: Linné och Vätodlingen. Upsala 1907.
" " Inbjudning till Upsala Univers. Linnéfest 1907.
" " " till filosofiedoktorspromotionen. 1907.
" " " " teologie " " 1907.
" " " " juris " " 1907.
" " " " medicine " " 1907.
- Bulletin geolog. instit. Upsala. vol. VIII, Nr. 15, 16. Upsala 1908.
- Arkiv för Botanik (schwed. Akad.). Bd. 7, Heft 3—4. Upsala u. Stockh. 1900.
" " Zoologi. Bd. 4, Heft 3 u. 4. Ups. Stockh. 1908.
" " Matem., Astron., Fysik. Bd. 4, Heft 3 u. 4. " " 1908.
" " Kemi, Miner., Geol. Bd. 3, Heft 2. " " 1908.
- Tromsö Museums Aarsberetning for 1906 u. 1907. Tromsö 1907 u. 08.
" " Aarshefter 25. 1902. " 1907—08.
- Bergens Museums Aarbog 1908. Bergen 1908.
- Stavanger Museums Aarshefte for 1907. Stavang. 1908.
- Acta universit. Lundensis, nova ser. Medic., Matem. etc. III, 1907. Lund 1907—08.
- Leopoldina. Heft 44, No. 7—11. Halle 1908.
- Naturhistor. Ver. Rheinl. Westf. Verhandlung. 64. Jahrg. 1907. 2. Hälfte. Bonn 1908.
- Naturhistor. Ver. Rheinl.-Westf. Sitz.-Ber. 1907. 2. Hälfte. Bonn 1908.
- Schriften naturw. Ges. Schleswig-Holst. XIX, 1. Kiel 1908.
- Schriften phys.-ökon. Ges. Königsberg i. Pr. 48. Jahrg. 1907.
- Helios, Abt. u. Mitteil. naturw. Ver. Frankfurt a. Oder. 24. u. 25. Bd. Berlin 1908.
- Schriften naturf. Ges. Danzig. Neue Folge, XII, 2. Heft. Danz. 1908.

30. Bericht westpreuss. botan.-zoolog. Ver. Danzig 1908.
25. Jahres-Bericht. Schlesische Gesellsch. vaterl. Kultur.
Breslau 1908.
Jahresber. ärztl. Ver. Frankf. a. Main. 1905.
Festschrift z. 100jähr. Bestehen d. Wetteraner Ges. Naturk.
Hanau 1908.
Geschichte d. Wetter. Ges. Naturk. Festgabe. Hanau 1908.
Zeitschr. Naturwiss. Halle a. S. 80. Bd. 1. u. 2. Heft. Halle 1908.
Jahrbüch. Nassau. Ver. Naturk. Jahrg. 61. Wiesbad. 1908.
92. Jahresber. naturf. Ges. Emden. 1906-07.
Isis, Sitzungsber. u. Abh. Jahrg. 1908. Jan.—Juni. Dresd. 1908.
Herzogl. techn. Hochschule Braunschweig. Progr. f. 1908/9.
Braunsch. 1908.
Notizblatt Vj. Erdkunde. Darmstadt. 4. Folge. Heft 28.
Darmst. 1907.
Jahresh. Ver. vaterländ. Naturk. Württemb. 64. Jahrg. 1908.
Stuttg. 1908. Beilage dazu: Literaturverzeichnis u. Mitteil. d.
geolog. Abt.
Mitteil. der Dollichia. 64. Jahrg. No. 23. 1907. Dürkheim 1908.
Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br. 17. Bd., Heft 1. 1908.
Naturw. Ver. Passau. 20. Bericht. Pass. 1908.
Ber. naturw. Ver. Regensburg. XI. Heft. 1905/6.
Verh. naturf. Ges. Basel. Bd. XIX, H. 3. Basel 1903.
Jahresber. naturf. Ges. Graubünden. N. Folge. 50 Bd. 1907/8.
Chur 1908.
Actes Soc. Hélvét. Fribourg. 90. session. vol. I u. II. Fribourg
1907.
Ber. natur. mediz. Ver. Innsbruck. 31. Jahrg. 1907/8. Beilage
dazu.
66. Jahr.-Ber. Mus. Francisco-Carolinum. Linz 1900.
Schriften z. Vereins-Verbr. naturw. Kenntn. Wien. 48. Bd. Wien
1907/8.
Chicago Acad. of Science. Spec. Publ. 2. Mai 1908.
Field Mus. of Natur. Hist. vol. III, No. 2. Annual Rep. for 1907.
Chic. 1908.
Bull. Lloyd Library Cincinnati. 10. Reprod. Ser. 6. 1908.
Bull. Illinois State Laboratory Natur. Hist. v. 8, Art. 1. May
1908. Urbana Ill.
-

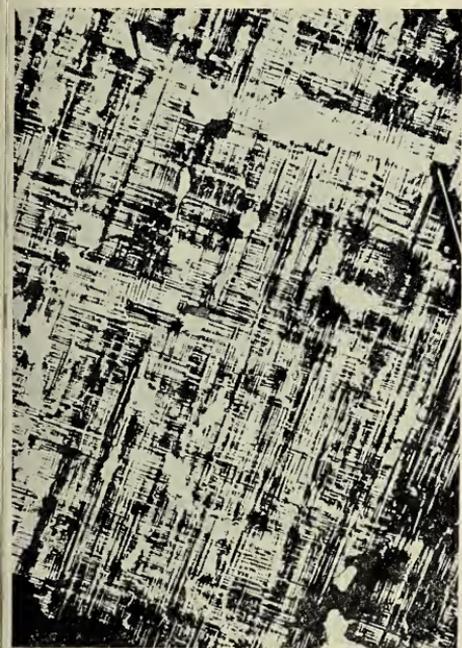


Fig. 1.

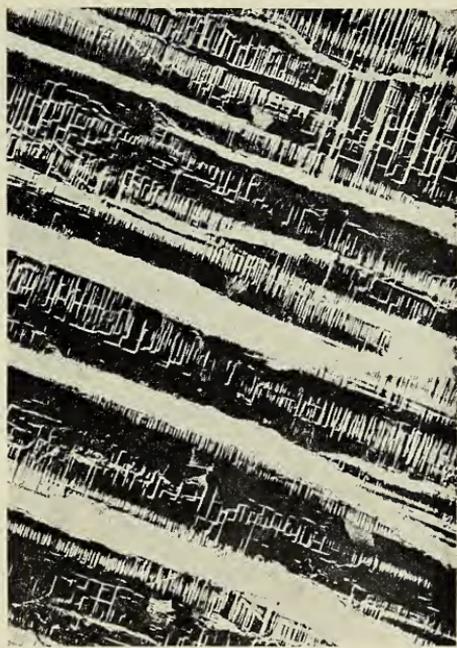


Fig. 2.



Fig. 3.

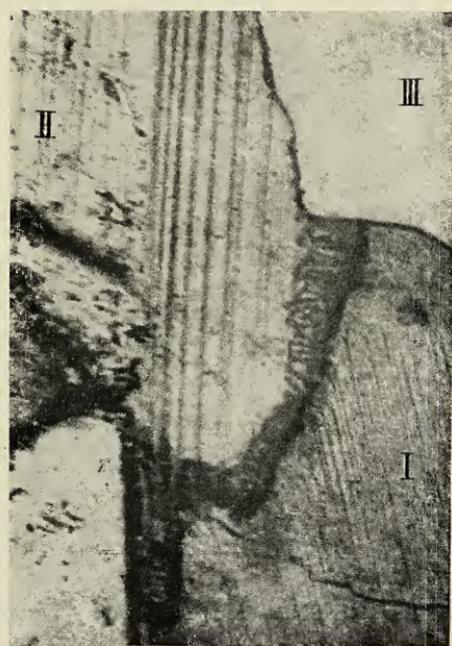


Fig. 4.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

Nr. 2

Februar

1909

In der Sitzung vom 10. Februar hielt Herr Johannes Meisenheimer den angekündigten Vortrag:

Ueber Regenerationsversuche an Schmetterlingen.

Im Zusammenhange mit meinen experimentellen Untersuchungen über den Einfluss der Geschlechtsdrüsen auf die sekundären Geschlechtscharaktere prüfte ich im vergangenen Sommer das Regenerationsvermögen der Schmetterlingsflügel und bin dabei zu Ergebnissen gekommen, die nach verschiedenen Richtungen hin von besonderem Interesse sind.

Zum Verständnis der vorgenommenen Operationen wird es nötig sein, zunächst kurz auf die Entwicklung der Schmetterlingsflügel einzugehen. Dieselben entstehen aus sog. Imaginalscheiben, die sich schon auf jungen Raupenstadien in Form tiefer Ektodermeinstülpungen zu beiden Seiten des 2. und 3. Thorakalsegmentes anlegen. Von den beiden Blättern dieser sackförmigen Einstülpungen liefert das innere in Verbindung mit Tracheenästen den eigentlichen Flügel, während das äussere Blatt nur eine vergängliche Flügelscheide darstellt. Um die 3. Raupenhäutung wird diese Anlage bei *Lymantria dispar* deutlich und gross ($\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ mm) genug, um die Exstirpation vornehmen zu können. Dieselbe

wurde mittels kleiner Einschnitte an den Seiten der beiden hinteren Thorakalsegmente ausgeführt, und zwar wurde stets die rechte Seite an Vorder- und Hinterflügel zugleich operiert.

In der Mehrzahl der Fälle — insgesamt gegen 150 — war Regeneration der Flügel eingetreten. Nur etwa ein Viertel zeigte keine Spur einer solchen und diese Falter boten trotzdem das eigentümliche Aussehen dar, dass auf der linken Seite wohl ausgebildete Flügel vorhanden waren, auf der rechten Seite dagegen an ihrer Stelle eine kahle Längsnarbe sich zeigte. Neben diesem Zustande traten dann alle Uebergänge auf von kurz stummelförmigen Regeneraten bis zu nahezu fertig ausgebildeten Flügeln. Die geringere Grösse der regenerierten Flügel beruhte aber nicht darauf, dass etwa ein Stück des Gesamtflügels fehlte, sondern die Regenerate stellten stets ganze Flügel dar, deren Teile sämtlich in genau dem gleichen Masse von der Verkleinerung betroffen werden. Es lässt sich dies besonders deutlich an der Bänderzeichnung der Vorderflügel nachweisen und zwar sowohl im männlichen wie im weiblichen Geschlecht. Geschlossen werden kann aus den gegebenen Verhältnissen mit Sicherheit, dass diese Neubildungen einem neu angelegten Entwicklungscentrum ihre Entstehung verdanken.

Die Ursache des so sehr verschiedenen Ausfalls der Regenerate ist nun eine recht eigenartige. Es treten nämlich die schwächer oder stärker ausgebildeten Regenerate keineswegs regellos durcheinander auf, sondern sie sind in der Reihenfolge ihres Erscheinens an eine ganz bestimmte Gesetzmässigkeit gebunden. Von einer Operationsreihe, welche aus 116 auf dem 4. Raupenstadium vom 12.—14. Juni operierten Raupen bestand, zeigten alle die Falter, welche vom 18. bis 28. Juli ausschlüpften, kein oder nur ein sehr unvollkommenes Regenerat, während die später die Puppenhülle verlassenden Individuen mehr oder weniger hoch entwickelte Neubildungen aufwiesen. Die Verzögerung der Entwicklung beruht nun bei den operierten Tieren einzig und allein auf einer längeren

Dauer der Raupenperiode, mithin ist es die letztere, welche von ausschlaggebender Bedeutung für die Regeneratgrösse ist. Je länger eine Raupe nach der Flügelexstirpation als Raupe lebt, ein um so grösseres Flügelregenerat vermag sie hervorzubringen. Diese Gesetzmässigkeit kommt in allen Operationsreihen zum Ausdruck.

Die Absicht, in welcher diese Versuche angestellt wurden, war folgende. Durch meine früheren Versuche hatte ich sicher nachgewiesen, dass die Geschlechtsdrüsen einen Einfluss auf die sekundären Geschlechtsmerkmale nicht auszuüben vermochten, nunmehr wollte ich ihren Einfluss auf einen regenerierenden Sexualcharakter prüfen. Alle Versuchsreihen über Flügelregeneration wurden deshalb an Raupen in drei verschiedenen Zuständen ausgeführt, an geschlechtlich normalen Raupen, an kastrierten und an solchen mit transplantierten Genitaldrüsen des entgegengesetzten Geschlechts. Aber auch an dem regenerierenden Sexualmerkmal war keine Spur einer Beeinflussung durch die Geschlechtsdrüsen nachweisbar, obwohl einer solchen nun nicht mehr der Widerstand fixierter ontogenetischer Vorgänge entgegenstand, sondern eine Neubildung die Stelle der letzteren eingenommen hatte.

Weiter hielt Herr R. Öttinger (als Gast) den Vortrag:

Über abweichend geformte (atypische) Spermatozoen und ihre Bildungsweise bei Myriopoden.

Mit Demonstration.

Zur Erläuterung der aufgestellten Demonstration wurden die Entwicklungsvorgänge bei dem eigenartigen, sogen. „hutförmigen“ Spermatozoon eines Tausendfüßlers, *Pachyiulus varius* Fabr. geschildert.

Es konnte die Zurückführung dieser aberranten Spermatozoen-Form auf die typische flagellatenförmige ermöglicht werden.

Bei der Umwandlung der Spermatide in das ausgebildete Spermatozoon zeigte der Kern in seiner chromatischen Substanz sehr interessante Verhältnisse; das Mittelstück bildete sich in einer sehr klaren, beinahe schematischen Weise; eine ganz hervorragend vielseitige Verwendung fanden die Mitochondrien; sie können als ein Skelett des Spermatozoons angesprochen werden. Von besonderer Wichtigkeit war die Konstatierung eines Spitzenstückes und die Auffindung und Feststellung einer Geißel, des Schwanzfadens. (Der Schwanzfaden konnte an lebenden ausgebildeten Spermatozoen demonstriert werden.)

Die nähere Beschreibung der Entwicklungsvorgänge der *Pachyiulus* Spermatozoen findet sich als vorläufige Mitteilung der ausführlichen Arbeit im *Zoolog. Anz.* Bd. XXXIII, Nr. $\frac{5}{6}$ und Nr. $\frac{6}{7}$. Es muss auf diese Mitteilung, sowie auf die baldig erscheinende definitive Arbeit verwiesen werden.

Hier sei nur noch bemerkt, dass die in der vorläufigen Mitteilung ausgesprochenen Angaben betreffs des Spitzenstückes in einem Punkt ergänzt werden müssen. Es wurde

dort die Vermutung ausgesprochen, dass das Spitzenstück nur in seiner Anlage vorhanden sei, aber nicht zur Ausbildung gelangt. Durch weiterhin gemachte diesbezügliche Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass das Spitzenstück doch zur Ausbildung gelangt und an dem ausgebildeten Spermatozoon ein kornähnliches Gebilde darstellt.

Weiter sprach Herr C. Tönniges über:

Die Fortpflanzung von *Pelomyxa palustris*.

(Mit Demonstrationen).

Die Lebensgeschichte der vielkernigen Amoebe *Pelomyxa palustris* ist in neuerer Zeit, besonders durch die eingehenden Untersuchungen von Bott¹⁾, genauer bekannt geworden.

Sein Hauptaugenmerk richtete Bott auf die geschlechtliche Fortpflanzung der *Pelomyxa*, und es gelang ihm, diesen komplizierten Prozess nahezu völlig aufzuklären.

Einige Lücken, die noch geblieben waren und die speziell die Ausbildung der aus der Cyste ausgeschlüpften, einkernigen *Pelomyxa* zu der erwachsenen, vielkernigen Form betrafen, glaube ich durch Beobachtungen, die im Laufe des vergangenen Jahres von mir angestellt wurden, ausfüllen zu können.

Was die ungeschlechtliche Fortpflanzung von *Pelomyxa palustris* anbetrifft, so konnte ich mehrmals eine direkte Zweiteilung des ganzen Körpers beobachten, so dass die beiden Hälften nahezu gleich gross waren. F. E. Schulze hat gleichfalls einen ähnlichen Fall beschrieben. Neben dieser typischen Zweiteilung dürfte jedoch auch eine Abschnürung

1) Bott, K., Über die Fortpflanzung von *Pelomyxa palustris*. Arch. f. Protistenkunde. VIII. Bd. 1906.

kleinerer Plasmapartieen vom Mutterkörper erfolgen, so dass wir eine gewisse Form von Knospung vor uns hätten.

Weit interessanter sind jedoch die geschlechtlichen Prozesse der *Pelomyxa*fortpflanzung, die Bott, wie ich schon hervorhob, in eingehender Weise beschrieben hat.

Bei der Ausführung meiner Beobachtungen und Zuchtversuchen war ich genötigt, die von Bott angestellten Untersuchungen zum grossen Teil nachzuprüfen und möchte gleich an dieser Stelle hervorheben, dass ich trotz einer gewissen vorgefassten Meinung die Resultate Botts völlig bestätigen kann. Es wurden dieselben Untersuchungsmethoden in Anwendung gebracht, die Bott in seiner speziellen Abhandlung eingehend beschrieben hat.

Die einleitenden Vorgänge zur geschlechtlichen Fortpflanzung lassen sich bereits am lebenden Tier feststellen, da sich alle Kerne daran beteiligen und auf diesen Stadien überhaupt keine typischen bläschenförmigen Kerne mit randständiger Chromatinlagerung vorhanden sind. Das Chromatin rückt von der Peripherie in das Innere des Kernes und die einzelnen Chromatinbrocken beginnen zu einem oder mehreren Klumpen zuverschmelzen. Das Kerngerüst ist verschwunden, und das Chromatin liegt in einer im Leben völlig homogen erscheinenden Grundsubstanz. Es lässt sich an diesen Kernen die von Bott gemachte, interessante Beobachtung bestätigen, dass einzelne dieser Chromatinbrocken aus den Kernen ausgestossen werden, so dass eine Reduktion der chromatischen Masse stattgefunden hat.

Aus dem innerhalb der Kernmembran zurückbleibenden Rest des Chromatins baut sich nach Bott eine typische Spindel auf.

Bott sagt an einer Stelle seiner Publikation:

„Betrachtet man die Chromatinreduktion und die Spindelbildung vom Standpunkt der neueren Chromidialtheorie nach Schaudinn, so ist der Vorgang hier offenbar der, dass das somatische Chromatin bei *Pelomyxa* ausgestossen wird,

während das generative Chromatin im Kern bleibt und die Spindel bildet.“

Ich glaube, mich dieser Auffassung Botts völlig anschliessen zu können.

Über den Bau der Spindel und den Verlauf der Kernteilungen hoffe ich in einer späteren Publikation nähere Mitteilungen machen zu können. Ebenfalls gehe ich auf die Ausbildung der Gameten an dieser Stelle nicht näher ein. Was ich davon am lebenden Tier beobachten konnte, scheint mit den Resultaten von Bott völlig übereinzustimmen.

Die Gameten innerhalb des Muttertieres liegen in Cysten, die eine polygonale Felderung aufweisen. Diese von Bott als Keimkugeln bezeichneten Gebilde sind innerhalb der lebenden Mutter gut sichtbar. Auch das Auskriechen der jungen Gameten aus den Cysten und ihr längeres Verweilen im Plasma des Muttertieres lässt sich direkt am lebenden Material beobachten.

Diese mit Cysten gefüllten Muttertiere wurden unter Berücksichtigung aller Vorsichtsmassregeln in die feuchten Kammern gebracht und hier das Auskriechen der Gameten aus dem Körper der *Pelomyxa* festgestellt. In Übereinstimmung mit Bott wurden mitunter annähernd 100 junge *Pelomyxen* in einem einzigen Muttertier beobachtet.

Mit dem Ausschlüpfen der Gameten scheint nach Bott und meinen Beobachtungen die alte *Pelomyxa* zugrunde zu gehen. Jedenfalls trat dieses in den Kulturen ein, die sich in den feuchten Kammern befanden. Ob dieses Verhalten auch unter den günstigeren Bedingungen in der freien Natur eintritt, war nicht mit Sicherheit festzustellen. Jedoch schien es mir, als ob in diesem Falle ein Weiterleben des Muttertieres stattfände. Ich hoffe im Verlauf der weiteren Beobachtung, genauere Angaben über diesen Punkt machen zu können.

Wie schon erwähnt wurde, liess sich das Ausschlüpfen der Gameten mehrfach an lebenden *Pelomyxen* beobachten

und zwar in Dezember und Januar, also ungefähr zu gleicher Zeit wie Bott dies fand, obwohl ich seiner Ansicht zustimmen möchte, dass die geschlechtliche Fortpflanzung während des ganzen Jahres stattfinden kann, sobald die günstigen Bedingungen dafür gegeben sind.

Nach allem, was ich über die Bildung der Gameten, ihres Encystierungsvorganges und ihres schliesslichen Ausschlüpfens beobachten konnte, muss ich mich der bereits von Bott erörterten Ansicht anschliessen, dass man in diesen Vorgängen keineswegs Parasiten der *Pelomyxa* oder Cysten in sie hineingelangter Protozoen erblicken kann, sondern es sich um tatsächliche geschlechtliche Fortpflanzungsprozesse dieser Form handeln muss.

Sobald die Gameten, resp. die jungen *Pelomyxen*, die Mutter verlassen haben, musste es für den weiteren Verlauf der Beobachtung von Wichtigkeit sein, den Entwicklungsgang dieser Embryonen bis zu ihrer Ausbildung zur typischen vielkernigen *Pelomyxa* zu verfolgen.

Das bietet nun vielfache Schwierigkeiten.

Die auskriechenden jungen *Pelomyxen* haben nicht nur ihrem Äusseren nach bereits den typischen Charakter dieser Amöbe, sondern zeigen auch das grosse Nahrungsbedürfnis derselben. Sie beginnen sofort mit den kurzen, stumpfen Pseudopodien alles in ihrer Nähe Erreichbare, wie Diatomeen, Algen, Kieselstückchen etc., in sich aufzunehmen, so dass sie nur mit grosser Mühe ernährt werden können. In den Kulturen der feuchten Kammern pflegen sie daher nach kurzer Zeit zugrunde zu gehen. Der Mangel an geeigneter Nahrung scheint meiner Auffassung nach die Hauptursache dafür zu sein.

Ausserdem sind sie gegen die Einwirkung des Lichtes sehr empfindlich, so dass ihnen, um sie längere Zeit am Leben zu erhalten, unbedingt die Möglichkeit geboten werden muss, sich im Schlamm verstecken zu können.

Nach langen Bemühungen gelang es mir, ihnen diese Bedingungen einigermaßen zu verschaffen, jedoch wurde die Beobachtung der Amöben dadurch sehr erschwert. Nahm ich sie nur für einige Augenblicke mit der Pipette aus ihrer gewohnten Umgebung heraus, um sie, auf einen Objektträger gebracht, besser studieren zu können, so konnte ich sicher sein, dass sie nach kurzer Zeit abstarben und zerflossen.

Überaus empfindlich waren sie auch gegen den geringsten Wechsel der Lebensbedingungen in ihren kleinen Kulturgefängnissen. Sie kamen dann gegen ihre Gewohnheit aus dem Schlamm heraus und kletterten an dem Glas empor, um den ungünstigen Bedingungen zu entgehen. Dieses Verhalten zeigen übrigens auch die alten *Pelomyxen*, sobald in den grossen Kulturgefässen das Wasser eine Beschaffenheit annimmt, die ihnen das Weiterleben im Schlamm nicht mehr gestattet.

Nach Überwindung dieser zahlreichen Schwierigkeiten war es mir endlich möglich, aus den einkernigen, bereits den typischen Bau und die Bewegung der alten Tiere zeigenden jungen *Pelomyxen*, ein zweikerniges Stadium zu züchten.

Es gelang mir auch einige Male, die Kernteilung selbst zu verfolgen, die auf ähnliche Weise vor sich geht, wie sie bereits von echten Amöben beschrieben wurde. Sie erfolgt auf direktem Wege in der Weise, dass sich das Chromatin inmitten des Kernes in Form eines Zentralkörpers ansammelt. Dieser Körper bewirkt scheinbar, wie bei *Amoeba crystalligera*, die Teilung des Kernes (*Nucleolocentrosoma*). Er teilt sich zuerst und daran anschliessend der ganze Kern. Ähnliche Kernteilungsstadien habe ich auf späteren Stadien noch mehrfach gesehen.

Die kleine *Pelomyxa* kann längere Zeit auf dem zweikernigen Stadium stehen bleiben, bevor sie sich zur weiteren Kernteilung vorbereitet. Bemerkenswert ist die völlige Übereinstimmung in der Bewegung und Nahrungsaufnahme dieser jungen, zweikernigen Form mit der ausgewachsenen, vielkernigen

Pelomyxa. Auch haben die Amöben bereits den typischen *Pelomyxenkern*.

Ich brauche wohl kaum hinzuzufügen, dass einer Verwechselung der jungen einkernigen *Pelomyxen* mit anderen Amöben durch die Art der Kultur nach Möglichkeit vorgebeugt wurde. Es lässt sich eine ununterbrochene Übergangsreihe von der aus der Cyste ausschlüpfenden, einkernigen Form bis zur ausgewachsenen *Pelomyxa* verfolgen.

Entweder teilen sich nun die beiden Kerne nacheinander, so dass ein dreikerniges Stadium durchlaufen wird, oder aber die Teilung geht an beiden Kernen zu gleicher Zeit vor sich, so dass sogleich aus dem zweikernigen das vierkernige sich entwickelt.

Die weiteren Umbildungen zur mehr- und vielkernigen *Pelomyxa* sind ziemlich gleichförmiger Natur. Durch Zunahme an Körpergrösse und Kernzahl wird allmählich die ursprünglich einkernige *Pelomyxa* zu jener grossen, vielkernigen Form, die uns als die grösste aller Amöben bekannt ist. Ich will auf diesen Prozess, von dem ich eine lückenlose Serie zur Demonstration aufgestellt habe, hier nicht näher eingehen, da er relativ einfach verläuft und ohne genaue Zeichnungen kaum wiedergegeben werden kann.

Bott beschreibt ein interessantes Verhalten der jungen *Pelomyxen*, nachdem sie die Mutter verlassen haben. Sie verlieren ihr amöboides Aussehen, werden mehr kugelig und beginnen nach allen Seiten hin sehr dünne, radiale Pseudopodien auszustrecken, so dass die Tiere ein heliozoenähnliches Aussehen bekommen.

Ich kann das Auftreten dieser Schwärmer nur bestätigen, bin aber vorläufig nicht in der Lage, genauere Angaben über ihre Bedeutung für die geschlechtliche Fortpflanzung machen zu können. Dagegen hat Bott den weiteren Entwicklungsgang dieser heliozoenähnlichen Gameten verfolgt und die wichtige Beobachtung gemacht, dass je zwei Gameten in Verbindung treten und miteinander eine dauernde Kopulation

eingehen. Sowohl Plasmaleiber wie Kerne verschmelzen völlig, so dass eine typische Zygote entsteht.

Leider war es mir bislang nicht möglich, diesen Kopulationsvorgang ebenfalls zu beobachten.

Die Zygoten bilden nach Bott bald die zarten heliozoen-ähnlichen Pseudopodien zurück, wachsen sehr schnell und zeigen bedeutend dickere und kürzere Fortsätze. Die weitere Kernteilung und Entwicklung ist dieselbe, wie ich sie bereits erwähnt habe.

Sobald die Lebensbedingungen in den Kulturgefässen ungünstig werden, so bilden auch bereits diese kleinen Amöben sog. Ruhe- und Dauercysten.

Zum Schluss möchte ich noch eine merkwürdige Art erwähnen, wie die älteren *Pelomyxa* oftmals ihre Dauercysten bilden. Sie nehmen in mehr als reichlicher Menge kleine Steinchen auf, so dass das Tier völlig vollgepfropft erscheint. In diesem Zustande vermag die *Pelomyxa* keine Pseudopodien auszustrecken und rundet sich zu einer Kugel ab. Jetzt werden von der *Pelomyxa* die Steinchen nach aussen abgeschieden und bilden auf diese Weise eine Cysten-hülle, die eine gewisse Ähnlichkeit mit den Sandgehäusen gewisser Diffflugien besitzt.

Ferner sprach Herr F. Richarz über die im Physikalischen Institut von Herrn Wilhelm Wenz ausgeführte Bestimmung der

Schallgeschwindigkeit im Kaliumdampf

und die daraus folgende Einatomigkeit seiner Molekeln.

In der Sitzung vom 13. November 1907 habe ich über die vermutliche Einatomigkeit von Metalldämpfen vorgetragen. (Siehe diese Sitz.-Ber. 1907, pag. 193). Bei meiner Vermutung, die ich, wie damals erwähnt, bereits lange vorher gegen Professor F. A. Schulze, Dr. A. Wigand und Dr. Hermann Wolff ausgesprochen hatte, war ich von folgenden Ueberlegungen ausgegangen. In meinen Abhandlungen über das Gesetz von Dulong und Petit hatte ich theoretisch abgeleitet, dass das Zusammentreffen von kleinem Atomgewicht und kleinem Atomvolumen die Abweichungen vom Gesetz von Dulong und Petit begünstigen muss, was in der Tat bei Beryllium, Bor, Kohlenstoff in besonderem Masse zutrifft. Die Kleinheit des Atomvolumens muss das Zusammenballen der Atome zu Atomkomplexen begünstigen. Den bereits in meinen früheren Abhandlungen erwähnten Gründen für das Vorhandensein komplexer Molekeln (siehe Ztschr. f. anorgan. Chem. 58, p. 356 und 59, p. 146, 1908; insbesondere pag. 158/159) möchte ich noch hinzufügen den Hinweis auf das merkwürdige Verhalten der Kohlenstoffmodifikationen gegenüber einem Gemisch von Kaliumchlorat und Salpetersäure, welches Diamant nicht angreift, die anderen Modifikationen zu Graphitsäure, Mellithsäure und anderen noch nicht aufklärten Produkten oxydiert, deren Konstitution kaum anders als durch das Vorkommen komplexer Molekeln in Graphit und Holzkohle erklärbar ist.

Im Gegensatz hierzu befolgen von den Elementen mit Atomgewichten kleiner als 40 das Gesetz von Dulong und Petit nur Lithium, Natrium und Kalium, welchen die Maxima des Atomvolumens unter jenen Elementen zukommen. Ich wurde hierdurch zur Annahme geführt, dass diese Elemente keine Atomkomplexe in festem Zustande und vermutlich erst recht nicht im dampfförmigen bilden. Wie dies mit anderen darauf hinweisenden Tatsachen übereinstimmt, habe ich in der Sitzung vom 13. November 1907 auseinandergesetzt; ebenso, dass vielleicht allgemeiner für alle Metalldämpfe, sehr wahrscheinlich aber für die meisten, die Molekeln aus je einem Atom bestehen. Herr Wilhelm Wenz hat, von mir veranlasst, meine Vermutung unter Leitung von Herrn Kollegen F. A. Schulze zu prüfen unternommen.

I. Historisches über Dampfdichten der Metalle.

Die Bestimmung der Dampf- (oder Gas-) dichte allein genommen kann über die Zahl der Atome in einer Molekel eine Entscheidung nicht liefern. Zwar liefert die Gas- oder Dampfdichte gemäss dem Gesetze von Avogadro eine Bestimmung des Molekulargewichtes. Ausserdem muss dann aber noch das Atomgewicht des betreffenden Elementes sicher ermittelt sein. Wenn wir die unter II. zu besprechenden Ueberlegungen und Methoden zunächst noch bei Seite lassen, ist das Atomgewicht hinreichend sicher bekannt aus chemischen Verbindungen für fast alle Elemente mit Ausnahme der Edelgase, da diese keine Verbindungen bilden. Für diese liefert daher auch die Bestimmung der Gasdichte allein genommen keine Entscheidung über die Zahl der Atome von je einer Molekel. Sonst aber liefert sie diese; jedoch nicht selbständig, sondern nur in Kombination mit dem Atomgewicht.

Die Bestimmung der Dampfdichte von Quecksilber durch Bineau i. J. 1859 ergab das bekannte Resultat, dass die

Hg-Dampf-Molekeln nur aus einem Atom bestehen. Weniger bekannt ist, dass schon vorher in demselben Jahre, H. Sainte Claire-Deville und Troost durch Bestimmung der Dampfdichte von Cadmium dessen Molekeln als einatomig nachgewiesen hatten. Es folgten (1879) die Bestimmungen der Dampfdichten von Kalium und Natrium durch Dewar und Scott, mit demselben Resultate, dessen Zuverlässigkeit später allerdings stark angezweifelt wurde; dann ebenso diejenigen für Zinkdampf von J. Mensching und Viktor Meyer (1886). Mir waren von diesen älteren Bestimmungen bei meinem Vortrage vom November 1907 nur diejenigen für *Hg*, *Cd* und *Zn* bekannt, von denen ich auch die *Cd*-Bestimmung, wie meist geschieht, Viktor Meyer zuschrieb. Seit meinem damaligen Vortrage sind noch die Dampfdichtebestimmungen für Silber, Blei und Thallium durch H. von Warttenberg neu hinzugekommen. Alle diese Metaldampfdichten in Kombination mit den Atomgewichten ergeben einatomige Molekeln.

Aber für verschiedene andere Dämpfe von Metallen mit halbmolekularem Charakter hat die Bestimmung der Dampfdichten einatomige Molekeln entweder nur bei höheren Temperaturen ergeben, oder überhaupt nicht, vielmehr mindestens je zwei Atome in einer Molekel.

Im folgenden sind die bisher bestimmten Dampfdichten der Metalle nach dem Literaturstudium von Herrn Wilhelm Wenz zusammengestellt:

1. Elemente von metallischem Charakter.
Dampfdichte gleich Atomgewicht.

Metall	Dampfdichte	Chem. Atomgew.	Molekularformel	Autoren
Quecksilber	194,0	200,0	<i>Hg</i> ₁	Bineau 1859
"	197,0	"	"	V. u. C. Meyer 1879
"	203,0	"	"	A. Scott 1886/87

Metall	Dampfdichte	Chem. Atomgew.	Molekularformel	Autoren
Quecksilber	202,8	200,0	Hg_1	H. Biltz u. V. Meyer 1889
"	200	"	"	H. v. Warttenberg 1906
Cadmium	114,1	112,4	Cd_1	Ste. Claire-Deville und Troost 1859
"	120,2	"	"	H. Biltz 1896
Kalium	44,34	39,15	K_1	Dewar u. Scott 1879
"	37,7	"	"	A. Scott 1886/87
Natrium	26,6	23,05	Na_1	Dewar u. Scott 1879
"	25,5	"	"	A. Scott 1886/87
Zink	68,6	65,4	Zn_1	J. Mensching u. V. Meyer 1886
"	76,4	"	"	H. Biltz 1896
"	68	"	"	H. v. Warttenberg 1908
Silber	108	107,9	Ag_1	H. v. Warttenberg 1908
Blei	220	207,9	Pb_1	H. v. Warttenberg 1908
Thallium	220	204	Tl_1	H. v. Warttenberg 1908

2. Elemente von halbmetallischem Charakter. Dampfdichte nimmt ab mit steigender Temperatur.

Metall	Dampfdichte	Chem. Atomgew.	Molekularformel	Autoren
Selen	237,4—184,4	79,2	$Se_3—Se_2$	Ste. Claire Deville und Troost 1859
860—1040°				
" 1700°	159,4	"	Se_2	H. Biltz 1896
" 1850—2100°	208—112	"	$Se_3—Se$	H. v. Warttenberg 1908
Tellur 1390	261,8	127,6	Te_2	Ste. Claire Deville und Troost 1863
—1440°				
" 1700°	264,3	"	Te_2	H. Biltz 1896
" 2100°	179—152	"	$(Te_2)—Te_1$	H. v. Warttenberg 1908
Wismut	346,9—293,1	208,5	$Bi_2—Bi_1$	H. Biltz u. V. Meyer 1889
1600—1700°				
" 2070°	244—212	"	Bi_1	H. v. Warttenberg 1908
Antimon 1640°	311,0—285,2	120,2	$Sb_3—Sb_2$	H. Biltz u. V. Meyer 1889
Arsen	157,7—155,5	75,0	As_2	H. Biltz u. V. Meyer 1889

Literaturnachweis, chronologisch geordnet.

1. H. Sainte Claire-Deville und Troost, (*Te*) (*S*) *Se Cd*. C. R. 49. pg. 239 — 1859.
2. Bineau, *Hg*. C. R. 49. pg. 799 — 1859.
3. H. Sainte-Claire Deville und Troost, (*Te*). C. R. 54. pg. 682 — 1863.
4. J. Dewar und A. Scott, *Ka Na*. Proc. Roy. Soc. Lond. 29. pg. 490 — 1879.
5. V. und C. Meyer, *Hg*. Chem. Ber. 12. pg. 1426 — 1879.
6. J. Mensching und V. Meyer, *Zn*. Chem. Ber. 19. pg. 3295 — 1886.
7. A. Scott, *Ka Na*. Proc. Roy. Soc. Edinb. 14. pg. 410 — 1886/87.
8. H. Biltz und V. Meyer, *Bi Sb As Tl*. Ztschr. f. phys. Chemie 4. pg. 249 — 1889. Chem. Ber. 22. pg. 725 — 1889.
9. H. Biltz, *Tl Cd Zn Se Te*. Ztschr. f. phys. Chemie. 19. pg. 385 — 1896.
10. H. v. Wartenberg, *Ag Hg Pb Tl Zn Bi Se Te*. Ztschr. f. anorg. Chemie. 56. pg. 320 — 1908.

II. Ueber den Nachweis der Einatomigkeit von Gasen oder Dämpfen aus der spezifischen Wärme.

Rein physikalisch kann eine Entscheidung über die Zahl der Atome in einer Molekel geliefert werden aus den spezifischen Wärmen. Und zwar erstens aus der Bestimmung der spezifischen Wärme selbst, wie ich in der Sitzung unserer Gesellschaft vom 12. Juli 1905 auseinandergesetzt habe (diese Sitz. Ber. 1905, pag. 93; siehe auch Ztschr. anorgan. Chemie 58, pag. 356, 1908). In dieser Weise hat z. B. die Bestimmung der spezifischen Wärme für Helium, die Herr Robert Thomas im hiesigen Institut ausgeführt hat (Inaugural-Dissertation 1905), einen unabhängigen Beweis für die Einatomigkeit der Heliummolekeln erbracht. Ich erwähne bei dieser Gelegenheit, dass diese Bestimmung in sorgfältigerer Weise von Herrn August Eggert wiederholt worden ist. Dieser erhielt (noch nicht publizierte Inaugural-Dissertation) für die spezifische Wärme des Heliums den Wert: $c_p = 1,265$, woraus sich ergibt:

$$\begin{aligned} M \cdot c_v &= M \cdot c_p - 2,004 \\ &= 3,96 \cdot 1,265 - 2,004 = 3,005 \end{aligned}$$

Die Theorie erfordert für ein einatomiges Gas den Wert 3,006, der also experimentell sogar genauer wirklich gefunden wird, als nach der Sicherheit der Messungen zu erwarten war. Für ein zweiatomiges Gas hätte sich nach der Theorie 5,009, für ein dreiatomiges 6,012 ergeben müssen, sodass die Entscheidung mithin unzweifelhaft ist.

Zweitens kann die Entscheidung geliefert werden durch experimentelle Bestimmung des Verhältnisses $\kappa = c_p/c_v$ der beiden spezifischen Wärmen eines Gases oder Dampfes. Während die Entscheidung durch den Wert der spezifischen Wärme selbst prinzipiell ungleich einfacher ist, ist diejenige durch Bestimmung von κ die ältere. Kundt und Warburg haben zuerst im Jahre 1876 (Pogg. Anm. 157, p. 353) für Quecksilberdampf der Wert von κ bestimmt, ihn gleich $5/3$ gefunden, und damit den aus der Dampfdichtebestimmung in Kombination mit dem Atomgewicht gezogenen Schluss von der Einatomigkeit der Quecksilberdampfmolekeln bestätigt gefunden. Für die experimentelle Bestimmung von κ kommen im Allgemeinen zwei Methoden in Betracht: die von Clément und Desormes, sowie die von Laplace aus der Schallgeschwindigkeit (vergl. Helmholtz, Vorlesungen, Bd. VI, pag. 189—195). Bekanntlich bestimmten Kundt und Warburg bei ihren Versuchen die Schallgeschwindigkeit im Quecksilberdampf nach der Methode der Kundtschen Röhre.

Auch Herr Wilhelm Wenz berechnete κ für Kaliumdampf aus der experimentellen Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in folgender Weise.

III. Bestimmung der Schallgeschwindigkeit im Kaliumdampf.

Von den zwei am leichtesten erhältlichen Alkalimetallen Kalium und Natrium hat Kalium den niedrigsten Siedepunkt

(667^o), bietet also die günstigsten Versuchsbedingungen. Zur Vermeidung der Oxydation musste der Kaliumdampf in eine Röhre vollständig eingeschlossen sein. Als Material dieser Röhre konnte in Betracht kommen Eisen und Porzellan, welche Substanzen beide verwendet wurden. Glas kam nicht in Betracht, weil bei den betreffenden Temperaturen schon die Gefahr des Weichwerdens vorgelegen hätte, und ausserdem Glas von Kaliumdämpfen stark angegriffen wird. Dasselbe gilt auch für Porzellanröhren, weshalb diese bei den definitiven Versuchen nicht mehr verwendet wurden. Die Eisenröhre war 80 cm lang und hatte 2,5 cm Durchmesser. Das eine Ende war verschlossen durch eine dünne Glimmermembran, welche zum Schutz gegen die Kaliumdämpfe auf der Innenseite versilbert war. Von dem anderen Ende der Röhre her führte durch eine Stopfbüchse ein verschiebbarer Stempel in das Innere hinein; durch diesen Stempel wurde eine freie Gas- bzw. Dampfsäule von variabler Länge abgesperrt. Die Heizung der Röhre samt Inhalt geschah elektrisch. Ueber das Eisenrohr war ein Porzellanrohr geschoben, auf welches eine Nickelspirale gewickelt war, die ihrerseits wieder mit einer dicken Asbesthülle umgeben wurde. Der Ofen wurde bis auf ca. 850^o geheizt.

Die Erregung der Schallschwingungen geschah durch eine Stimpfpeife. Es zeigte sich, dass die Glimmermembran, welche die Versuchsröhre abspernte, nur auf ihren Eigenton kräftig ansprach. Es wurde daher die Stimpfpeife zunächst auf den Eigenton der Glimmermembran gebracht. Dies konnte durch das Mittönen der Membran unmittelbar erkannt werden. Dabei fand aber kräftiges Mittönen der Glimmermembran nur statt, wenn gleichzeitig der Stempel die Röhre bei einer Resonanzstelle ihres Dampfhalts abschloss. Um diese doppelte Resonanz für den gegebenen Eigenton der Membran zu erzielen, wurde der Stempel der Stimpfpeife ganz langsam verschoben. Bei jeder Stellung der Stimpfpeife wurde dann der Stempel der Versuchsröhre über seinen

ganzen Spielraum hin- und herbewegt, bis auf diese Weise für die Stimmpfeife die Einstellung auf den Eigenton der Glimmermembran gewonnen war. Sodann wurde durch langsames Verschieben des Stempels in der Versuchsröhre an einer aussen angebrachten Teilung eine Reihe von Resonanzstellungen für den Röhreninhalt abgelesen.

Vorversuche mit Luft und Kohlensäure ergaben die Zuverlässigkeit der Methode.

Bei den definitiven Versuchen wurde zuerst mit Luftfüllung der Röhre der elektrische Ofen angeheizt bis die Röhre lebhaft glühte und dann noch etwa eine halbe Stunde gewartet. Dann wurde die Wellenlänge in Luft nach dem soeben beschriebenen Verfahren ermittelt. Sodann wurde die Luft durch Stickstoff verdrängt und etwa $2\frac{1}{2}$ –3 g festes Kalium durch einen seitlichen Ansatz der Röhre, der für einen Augenblick geöffnet wurde, in deren Inneres eingeführt. Nach dem Verdampfen wurde einige Minuten gewartet, bis sich die Temperatur wieder ausgeglichen hatte; dann, etwa 10 Minuten nach der Wellenlängenmessung in Luft, wurde bei ungeänderter Stimmpfeifenstellung die Wellenlänge in Kaliumdampf gemessen.

Im folgenden sind die Zahlen einer definitiven Versuchsreihe angegeben:

a) Bestimmung der Wellenlänge in Luft:

I. Versuchsreihe		II. Versuchsreihe	
Einstellung des Stempels,	λ $\bar{2}$	Einstellung des Stempels,	λ $\bar{2}$
12,2 } 32,3 } 52,6 }	20,1 20,3	12,2 } 32,3 } 52,4 }	20,0 20,1
Mittel aus I und II: $\frac{\lambda}{2} = 20,1$ cm			

b) Bestimmung der Wellenlänge in Kaliumdampf

Einstellung	$\frac{\lambda}{2}$	
des Stempels,	$\frac{\lambda}{2}$	
9,7	}	19,5
29,2		
48,5		
68,3		

$$\text{Mittel: } \frac{\lambda}{2} = 19,5 \text{ cm}$$

Die Schallgeschwindigkeit in Kaliumdampf würde sich aus der in Luft und den Wellenlängen ergeben; eine Korrektion wegen der inneren Reibung und der Wärmeleitung kann dabei für solche Wellenlängenbestimmungen in Kaliumdampf gegenüber Luft in derselben Röhre nur einen untergeordneten Einfluss haben. Für uns hat sie direkt kein Interesse, vielmehr kommt es uns auf den Wert des Verhältnisses der spezifischen Wärmen für Kaliumdampf an. Hierfür gilt die Formel (z. B. Kohlrausch, Lehrb., pag. 231):

$$z_K = z_{Luft} \cdot \frac{\lambda^2_K \cdot d_K}{\lambda^2_{Luft} \cdot d_{Luft}}$$

Für den Wert von z bei Luft setzen wir bei 850–900° nach Kalähne¹⁾ 1,39. Die Dampfdichte des Kaliums wollen wir zunächst als aus den oben (Abschnitt I) erwähnten Versuchen, obwohl sie stark angezweifelt worden sind, gleich 39,15 im Vergleiche mit Luft = 28,95 ansehen; dann ergibt das Verhältnis der spezifischen Wärmen, wie es aus den oben erwähnten Versuchen von Herrn Wilhelm Wenz, folgt für Kaliumdampf den Wert:

$$z = 1,77.$$

Hiermit ist die Einatomigkeit der Kaliumdampfmolekel erwiesen und es erübrigt nur noch nachzuweisen, dass andere

1) Kalähne, Drudes Ann. 11. pg. 225, 1903.

Annahmen über das Atomgewicht und die, wie oben erwähnt stark angezweifelte, Dampfdichte zu unmöglichen Schlussfolgerungen führen. Dies geht aus folgender Zusammenstellung hervor:

Angenomm. Atomgewicht	Dampfd. = Mole- kulargew.	α	Bemerkungen
39,15	K_1 39,15	1,77	Uebereinstimmung mit dem von der Theorie geforderten Wert
39,15	K_2 78,3	3,54	α -Wert unmöglich nach der Theorie
$\frac{39,15}{2} = 19,58$	K_1 19,58	0,89	α -Wert unmöglich nach der Theorie
19,58	K_2 39,15	0,89	Die Theorie verlangt für K_2 1,40 oder nach Maxwell 1,33, daher ist die Annahme unzulässig.

Also folgt unzweideutig aus der Schallgeschwindigkeit die Einatomigkeit der Kaliumdampfmolekel.

Die ausführliche Publikation wird demnächst in der Inaugural-Dissertation von Herrn Wilhelm Wenz gegeben werden.

Aufgelegte Schriften:

- Verhandl. k. k. geol. Reichsanstalt Wien. No. 7—10. 1908.
Leopoldina. Heft XLV, No. 1. 1909.
Sitz-Ber. phys.-mediz. Ges. Würzburg, No. 1—8. 1907.
Naturw. Ver. Schwaben u. Neuburg. 38. Bericht. 1908.
Ges. f. Völker- und Erdkunde Stettin. Ber. f. 1906, 7 und 1907, 8.
Correspondenzblatt d. Naturforscher-Verein. Riga. LI. 1908.
Mus. f. Nat.-Heim.-Kunde Magdeburg. Abh. u. Ber. I, 4. Magd. 1908.
Ber. oberhess. Ges. Giessen. N. F. Mediz. Abt. Bd. 3, 4. Naturw. Abt.
Bd. 2. Giessen 1908.
Mem. Mus. Comp. Zoology. Harvard Coll. vol. XXXVI, No. 1.
XI. Echini: the Genus *Colobocentrotus*. 1908.
Mem. & Proceed. Manchester Lit. & Phil. Soc. 1908/9. Vol. 53, p. 1. 1908.
Navy Depart. U. St. Naval Observ. Synopsis of the Report for 1908.
Proceed. California Acad. Sc. 4, 5. vol. III, pg. 41—43. 1908.
Canada Depart. of Mines: Geol. etc. of N. Brunswick, Ottawa 1907.
" " " " Summary Report. 1903.
Proceed. Amer. Acad. Arts & Sc. 44, 1—5. Boston 1908.
U. St. Geol. Surv. Water-Supply Papers. 219, 220, 222. Wash. 1908.
" " " " Bulletin. 347, 349, 351, 369. " 1908.
Transact. Connecticut Acad. Arts & Sc. vol. III, p. 59—170.
Newhaven 1908.
Bull. N. York publ. Library. Jan. 1909. (vol. XIII, 1.) N. York 1909.
Missouri botanical garden. 19. Rep. 1908.
26. Annual report. Bureau of Americ. Ethnology. 1904—5.
Wash. 1908.
Atti r. Acad. Lincei. v. XVII, 12, XVIII, 1. Roma 1908 & 9.
Bullet. Ac. imp. Sc. Pétersb. 1909, 1.
Parergones inst. geolog. Mexico. II, 7. Mexico 1908.
Archivos real. inst. Bacteriologico. Camara Pestana. II, 2. Liab. 1908.
University Studies. Lincoln, Nebraska. 8, 1. Jan. 1908.
Transact. Connecticut Acad. Arts & Sc. vol. 14, pages 1—57.
New Haven 1908.
26. annual report. Publ. Mus. Milwaukee. 1908.
Proceed. California Acad. Sc. 3, pg. 1—40. S. Francisco 1908.
Geological Survey of Canada: Department of Mines. 28 Karten und
Grubenpläne.
Parergones del Inst. Geolog. Mexico, t. II, No. 4—6. Mexico 1908.
Catalogos fauna brazileira Museu Paulista. v. I. St. Paulo 1907.
Museu Paulista Notas preliminares. v. I, fasc. 1. Sao Paulo 1907.
Annales del Museo Nac. Buenos Aires. s. ser. t. IX. 1908.

- Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanst. Wien, 1908. Nr. 11—14.
Verh. d. naturh. Ges. Hannover. 55.—57. Jahresber. Hann. 1908.
Abh. naturh. Ges. Nürnberg. 17. Bd. No. 1907 und Beigabe: S. Günther.
" " " " Mitteilungen. 1907. Nr. 1—6.
" " " " " 1908. " 1.
Abh. naturf. Ges. Senckenberg. Frankfurt a. M. 1908. 29. Bd. Heft 3.
Bericht d. Senckenberg. naturf. Ges. für 1908. Frankf. a. M. 1908.
Jahresbericht d. Gesellsch. f. Natur- u. Heilkunde zu Dresden für 1907/8.
München 1908.
Bull. de l'Académie impériale des Sciences. Pétersbourg. 1907. V. Série.
Tome XXV, 3—5.
" " " Classe Physico-Mathématique. Dernier volume d. I.
V. Série. Pétersbourg. 1907. 3 mal.
" " " VI. Série. Pétersb. 1908. Nr. 17 u. 18.
Atti della reale Accademia dei Lincei. Roma 1908. Vol. XVII. Fasci-
colo 10, 11.
Bref och Skrifvelser, K. v. Linné. Upsala-Universitet. Stockholm 1908. I, 2.
Entomologisk Tidskrift, Stockholm. Jahrg. 29. Heft 1—4. Upsala 1908.
Bergen Museum Publ. Crustacea of Norweg. Vol. V, XXIII u. XXIV.
Bergen 1908.
Leopoldina, 44. Heft. 1908. Halle 1908.
Boletin Cuerpo Ingen. Minas Perú. Nr. 63—67. Lima 1908.
Bull. of the New York public Library. Vol. XII, No. 11, 12. New York 1908.
Proceed. Amer. Phil. Soc. Philad. XLVII. No. 189. Phil. 1908.
" Acad. Nat. Sc. Philad. LX, p. II. 1908.
Amer. Naturalist. XLII. N. 504. Dez. 1908.
" " XLIII. N. 505. Jan. 1909.
Ohio State Univ. Bulletin. vol. XII. Suppl. p. No. 7, 8, 13; No. 12, 13, 15.
" " " " an adress by Rev. Wash. Gladden.
" " " " dito by Jones.
Smithson. Misc. Collections. vol. 53. No. 3 u. 4. (Cambrian Geol. Nr. 3
u. 4.) Washingt. 1908.
Bull. Mus. Compar. Zoölogy. v. LII, No. 6. v. LIII, No. 1, 2, 6.
Cambr. 1903.
Mem. Mus. " " vol. 34, No. 2. " 1908.
Annual report of the Curator Mus. Comp. Zoöl. Fr. 1907/8. Cambr. 1908.
Journ. Elisha Mitchell Scient. Soc. XXIV. No. 3. 1908.
University Studies, Lincoln Nebraska. vol. 8, No. 4. 1908.
Transact. Canadian Inst. No. 17, vol. 8, p. 2. Toronto.
Proceed. Transact. Nova Scotia Instit. vol. 11, 3 u. 4, vol. 12, 1.
Halifax 1908.

- New York State Museum. 60th annual report f. 1906. vol. V. Append. 7. Albany 1908.
- New York State Museum. 60th ann. rep. f. 1906. vol. I, II, III. Append. 1—6. Albany 1908.
- Smithsonian miscell. collections. part of vol. LIII, No. 5, laufende No. 1812. Washing. 1908.
- Amer. Naturalist. vol. XLIII, No. 506. Febr. 1909.
- University Studies Nebraska. vol. VIII, No. 23. Lincoln 1908.
- Transact. Connecticut Acad. Arts & Sc. vol. 14, S. 171—236. New Haven 1909.
- Boletin Instituto Geologico Mexico. No. 17. Mexico 1908.
- Revista Museu Paulista. vol. VII. S. Paulo 1907.
- Bull. Ac. Imp. Sciences St. Pétersbourg, 1909, No. 2 u. 3.
- Bull. Soc. Imp. des Naturalistes 1907, No. 4.
- Trav. Musée géol. Pierre le Grand II, 3—5. Pétersb. 1908.
- Tromsø Museums Aarshefter. 29. 1906. Tromsø 1908—1909.
- Annotationes zoologicae japonenses VI, pt. 5 und VII, pt. 1. Tokyo 1908.
- Annali d. Facoltà di Medicina. Perugia. Ser. 3. vol. V, fasc. 1 u. VI, fasc. 1—4. Perugia 1908.
- Attir. Accad. dei Lincei 1909. vol. XVIII, fasc. 2, 3. Roma 1908/09.
- Jahresber. ärztl. Ver. Frankfurt a. M. 1906.
- Verh. Naturhistor. Ver. Jahrg. 65, 1. Hälfte. Bonn 1909.
- Sitz.-Ber. „ „ 1908. 1. Hälfte. Bonn 1909.
- Verh. naturhist. medic. Ver. Heidelberg. N. Folge. Bd. VIII, 5, IX, 1—3. Heidelberg 1908.
- Zeitschr. Naturwiss. Halle. Bd. 80, Heft 3 u. 4. Halle, Dezbr. 1908.
- Ber. naturf. Ges. Freiburg Br. XVII, 2. Freiburg 1909.
36. Jahresbericht Westfäl. Provinc. Ver. Wiss. Kunst für 1907/08. Münster 1908.
- Mitteil. sächs. thuring. Ver. Erdkunde. 32. Jahrg. 1908. Halle 1908.
- Verh. ornitholog. Ges. Bayern. 1907. VIII. München 1908.
-

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

Nr. 3

März

1909

In der ordentlichen Sitzung vom 10. März demonstrierte Herr K. Goes (als Gast) an

Wehnelttröhren

Versuche mit elektrischen und akustischen Oscillationen,

die Herr Wilh. Ziegler aus Santiago de Chile kürzlich im hiesigen Institut angestellt hat.

Schon im Jahre 1847 hat Helmholtz¹⁾ auf Grund einiger, damals bereits bekannter Erscheinungen beim Entladungsvorgang von Leidener Flaschen die Ansicht ausgesprochen, dass die Entladung in Oscillationen vor sich gehe. Bald darauf wurde diese Ansicht durch Versuche von Feddersen²⁾ experimentell bestätigt. Dieser betrachtete die Funkenstrecke im rotierenden Spiegel und fand, dass das sichtbare, leuchtende Band von zahlreichen dunkeln Stellen unterbrochen war. Die Erscheinung liess weiter mit Sicherheit auf das Vorhandensein von oscillatorischen Entladungen schliessen. Bei der Bedeutung, welche die oscillatorische Entladung von Leidener Flaschen mit der Zeit gewann, war es wünschens-

1) Ueber Erhaltung der Kraft, Ges. Abh. I. pag. 46, Original pag. 44.

2) Feddersen, Pogg. Ann. 103, pag. 69, 1858.

wert, anschaulichere und vollkommenerer Demonstrationen dieser Erscheinung zu haben. Es haben daher unter anderem im Jahre 1899 Herr Professor Richarz und sein damaliger Assistent Herr Dr. Wilh. Ziegler eine Methode angegeben, die gestattet, die Oscillationen sowohl der Richtung als auch der Stärke nach sichtbar zu machen an den durch eine Ablenkungsspule bewirkten Bewegungen des Fluoreszenzflecks einer Braun'schen Kathodenröhre (vergl. Ann. der Physik 1900, I. pag. 468 und Physik Zeitschrift 1901, II. pag. 432).

Infolge der geringeren Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen in der Braun'schen Röhre gegenüber denjenigen der Wehnelt'schen Kathodenstrahlen erforderte die in diesen Abhandlungen beschriebene Versuchsanordnung eine Reihe von recht kostspieligen Apparaten, wodurch eine Wiederholung dieses Versuchs einem mit bescheideneren Mitteln ausgestatteten Institut sowie Schulen unmöglich wurde. Man kann nun die Dimensionen der zu verwendenden Apparate bedeutend reduzieren, wenn man leichter ablenkbare Kathodenstrahlen benutzt und dadurch die Empfindlichkeit der Anordnung erhöht. Dieses lässt sich, wie Herr Professor Ziegler kürzlich gezeigt hat, dadurch erreichen, dass man an Stelle der Braun'schen Kathodenröhre eine Wehnelt'röhre verwendet, welche gestattet, Kathodenstrahlen von geringer Geschwindigkeit und starker magnetischer Ablenkbarkeit zu erzeugen. Man kann entweder die eigentlichen vom glühenden Oxyd ausgehenden Wehnelt-Strahlen benutzen, die sehr grosse Ablenkungen geben, jedoch den Nachteil haben, dass sie die Fluoreszenz nur sehr schwach erregen, und daher die Erscheinung nicht auf grosse Entfernung sichtbar ist. Will man grosse Intensität des Fluoreszenzflecks, so verzichtet man besser auf die am meisten ablenkbaren Wehnelt-Strahlen und nimmt die vom glühenden Platin ausgehenden Strahlen, welche immer noch viel leichter ablenkbar sind als die in der Braun'schen Röhre erzeugten. Bei Anwendung solcher Kathodenstrahlen gelang

es Herrn Professor Ziegler, die sämtlichen bei den obigen Versuchen benutzten Apparate auf sehr kleine Dimensionen zu reduzieren. Die absolute elektrostatisch gemessene Kapazität der die oscillatorische Entladung gebenden Leidener Flaschen betrug rund 1000 cm bei Annahme der Dielektrizitätskonstante 5 für das Glas. Sie wurden geladen mittels eines nur 15 cm langen Induktoriums, während die Wehneltöhre mit einer kleinen Influenzmaschine betrieben wurde, und zum Glühen der Platinkathode 2 Akkumulatoren notwendig waren. Diese Anordnung eignet sich auch zur Demonstration der Veränderung von Schwingungsdauer mit Kapazität und Selbstinduktion.

Die grosse magnetische Ablenkbarkeit der vom glühenden Platin ausgehenden Kathodenstrahlen hat Herr Professor Ziegler weiter dazu benutzt, um diejenigen Obertöne zu demonstrieren, welche bei Orgelpfeifen und anderen Instrumenten sowie bei Vokalen die Klangfarbe bedingen. Er schaltete die Ablenkungsspule in den Stromkreis einer Batterie, welcher ausserdem noch ein Mikrophon enthielt. Es liessen sich dann beim Erzeugen der Töne sowie beim Sprechen der Vokale vor dem Mikrophon die Oberschwingungen im rotierenden Spiegel zeigen. Diese Methode soll zu phonetischen Untersuchungen von Herrn Professor Ziegler in Gemeinschaft mit Herrn Professor Lentz in Santiago Verwendung finden.

Ferner trug Herr K. G o e s noch vor über:

Auslösung Wehnelt'scher Kathodenstrahlen durch elektrische Wellen.

In zwei früheren Berichten¹⁾ war gezeigt worden, dass Wehnelt'sche Kathodenstrahlen durch elektrische Wellen unter gewissen Umständen ausgelöst werden können. Dabei war die Frage offen gelassen worden, ob die Schwingungsdauer des die Wellen erregenden Systems von Einfluss sei oder nicht. Darüber angestellte Versuche haben ergeben, dass ein wesentlicher Einfluss der Schwingungsdauer nicht besteht, und dass die beobachteten quantitativ verschiedenen Wirkungen auf die Wehnelttröhre sich durch Verschiedenheiten der ausgesandten Energie des Erregesystems erklären lassen.

Versuche, die über das beim Oeffnen des Heizstromes einer Wehnelttröhre vorübergehende Auftreten von Kathodenstrahlen angestellt wurden, haben noch zu keinem endgiltigen Resultat geführt und werden fortgesetzt. Es sei erwähnt, dass es gelingt, die so ausgelösten Kathodenstrahlen zu erhalten, wenn man den Heizstrom nach möglichst kurzer Zeit wieder schliesst.

Die beobachteten rückwärtsgehenden Kathodenstrahlen scheinen sich unter Annahme eines Aufsaugens des Oxyds in das glühende Platin hinein erklären zu lassen. Bei Kathoden aus Iridium treten sie nicht auf. Die Firma Gundelach in Gohlberg teilte auf Anfrage mit, dass neuerdings nur noch Kathoden aus Iridium in den Wehnelttröhren hergestellt werden. Auch über jene Strahlen werden weitere Versuche angestellt.

Die Auslösung der Kathodenstrahlen selbst erklärt sich nach Vergleich aufgenommener Stromkurven mit den von

1) F. A. Schulze und K. Stuchtey, Marb. Sitz.-Ber. 1906, p. 178; 1907, p. 171.

Wehnelt und Jentzsch¹⁾ veröffentlichten Kurven als Auslösung von Stossionisation in der Röhre und einem dieser alsdann folgendem Auftreten des Kathodenstrahles. Seine Erhaltung nach dem Auftreten erklärt sich aus der ionisierenden Kraft des Strahles.

Schliesslich wurden noch Versuche angestellt über die Empfindlichkeit der Wehnelttröhre als Wellendetektor in einer speziellen Schaltung. Es gelang den Kathodenstrahl auszulösen auf eine Entfernung von 23 m ohne Anwendung von Kapazitäten, Resonanz oder Luftdrähten. Grössere Entfernungen wurden noch nicht versucht, vermutlich reicht die Wirkung weiter. Es darf jedoch bereits auf Grund dieser Versuche behauptet werden: Eine Wehnelttröhre stellt unter geeigneten Bedingungen einen empfindlichen Wellendetektor dar.

1) A. Wehnelt und Jentzsch, Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. 10. p. 610. 1908.

Hierauf sprach Herr Feussner über:

Elementare Ableitung der Richtung der Interferenzstreifen bei keilförmigen Blättchen und Bemerkungen über den Strahlengang bei diesen Erscheinungen.

In meinen Arbeiten über die Interferenzerscheinungen dünner Blättchen¹⁾ habe ich den Gangunterschied der interferierenden Strahlen genau berechnet und daraus die Gesetze der Erscheinungen abgeleitet. Besonders habe ich Formeln gegeben für die Entfernung vom Blättchen, in der bei Anwendung breiter Lichtquellen die Streifen gesehen werden, für ihre Richtung und ihre Breite. Die Formeln für die Richtung, sind verschieden bei breiten und bei punktförmigen Lichtquellen. Im ersteren Fall ergibt sich

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

im letzteren

$$(2) \dots \text{tg } \chi = - \frac{\sin 2 \alpha}{2 (n^2 - \sin^2 \alpha) \sin \varphi} \cdot \frac{D}{a \vartheta} - \frac{\cos \varphi}{\cos \alpha \sin \varphi}$$

worin ψ , bzw. χ die Winkel bedeuten, welche die Interferenzstreifen auf dem Schirm mit der H -Achse, der Durchschnittslinie der Einfallsebene des Achsenstrahls der Linse mit dem Schirm, bilden. Zu grösserer Deutlichkeit vergleiche man Fig. 1. Darin ist die Einfallsebene des in der Linsenachse verlaufenden Strahls $O_2 O O_1$ zur XY -Ebene eines rechtwinkligen Koordinatensystems genommen, dessen Z -Achse also in der Vorderfläche des Blättchens liegt; die Linsenachse ist zur X -Achse gewählt. In den obigen Gleichungen bedeutet

1) Marburger Sitz.-Ber. 1880, S. 1. 1882, S. 1. Wiedem. Ann. 14, 545. 1881. Handbuch der Physik, hrsg. v. Winkelmann. 1. Aufl. 2, 561. 1893. 2. Aufl. 6, 956. 1906.

nun α den Einfallswinkel ($O_2On = nOO_1$) des Achsenstrahls, D die Dicke des Blättchens beim Punkt O , n sein Brechungsverhältnis, ϑ den Neigungswinkel seiner beiden Flächen gegeneinander, a seine Entfernung (OO_2) von der Lichtquelle, b die von der Linse, endlich φ den Winkel, den die Keilkante oder eine zu ihr parallele Gerade (OO') mit der Z -Achse bildet.

Vor einigen Jahren hat die Firma Carl Zeiss in Jena nach meinen Angaben ein Instrument zur genaueren Untersuchung dieser Interferenzerscheinungen hergestellt.¹⁾ Damit haben unter meiner Leitung die Herrn Dr. E. Schmitt²⁾ und Karl Bartsch³⁾ eine experimentelle Prüfung der obigen Formeln vorgenommen, die ihre vollständige Übereinstimmung mit den Beobachtungen ergeben hat. Besonders auffallend und früher allgemein angenommenen Vorstellungen widersprechend ist, dass die Streifen keineswegs den Stellen gleicher Dicke des Blättchens folgen, mit andern Worten, dass sie nicht dem Bild der Keilkante parallel verlaufen. Wie man leicht findet, wird die Tangente des Winkels, den das Bild der Keilkante auf dem Schirm mit der H -Achse bildet, durch den Ausdruck

$$-\frac{\cos \varphi}{\cos \alpha \sin \varphi}$$
 gegeben, der in den Gleichungen (1) und (2) als

das zweite Glied der rechten Seite erscheint. Von dem ersten Glied hängt die Abweichung der Streifen von dieser Richtung ab. Ihre Neigung gegen die Keilkante ist also unter sonst gleichen Umständen um so grösser, je grösser bei Anwendung einer breiten Lichtquelle $\frac{D}{b\vartheta}$, d. h. das Verhältnis von $\frac{D}{\vartheta}$, dem Abstand der Keilkante von dem betrachteten Punkt des Blättchens, zu b , der Entfernung der Linse vom Blättchen, ist, während es bei Anwendung einer punktförmigen Licht-

1) Eine Beschreibung davon habe ich im Handb. der Phys., hrsg. v. Winkelmann. 2. Aufl. 6, 971, 1906 gegeben.

2) Eugen Schmitt, Über Richtung und Gestalt der Interferenzstreifen keilförmiger Blättchen. . . Inaug.-Diss., Marburg 1906.

3) Die Arbeit des Herrn Bartsch ist im Druck.

quelle auf das Verhältniß von $\frac{D}{g}$ zu a , der Entfernung der Lichtquelle vom Blättchen ankommt. Es tritt also eine Drehung der Streifen bei breiter Lichtquelle ein, wenn man die Entfernung der Linse mit Schirm, an deren Stelle natürlich auch unmittelbar das Auge des Beobachters treten kann, vom Blättchen ändert, bei punktförmiger dagegen, wenn man die Entfernung der Lichtquelle ändert, während in dem ersten Fall der Abstand der Lichtquelle, im zweiten der der Linse ohne Einfluss ist. Alle diese Folgerungen sind durch die Beobachtungen auf das Vollkommenste nach Art und Grösse bestätigt worden. Während hierdurch also die Richtigkeit, der durch die Rechnung gefundenen Gleichungen (1) und (2) auch experimentell festgestellt ist, blieb es noch wünschenswert, das merkwürdige Verhalten der Streifen auch dem Verständnis unmittelbarer nahe zu bringen, als das die strenge Ableitung der Formeln tut.

Herr Prof. Richarz hat zuerst bemerkt, dass dazu der schon von Thomas Young für den Gangunterschied zweier interferierenden Strahlen bei dünnen Blättchen gegebene Ausdruck:

$$2 n D \cos r$$

benutzt werden könne. Darin bedeutet D wie oben die Dicke des Blättchens, n sein Brechungsverhältniß und r den Winkel, den der in das Blättchen gebrochene Strahl mit dem Einfallslot bildet. Da nun für alle Punkte eines und desselben Interferenzstreifens der Gangunterschied der gleiche sein muss, so wird, wenn beim Fortschreiten von einem Punkt eines Streifens zu dem benachbarten $\cos r$ sich ändert, z. B. kleiner wird, D entsprechend grösser werden müssen. Es wird also dann der Interferenzstreifen nicht der Keilkante parallel verlaufen, sondern sich von ihr entfernen.

Diese Anregung habe ich verfolgt und will zeigen, wie sich die Betrachtung bei genauerem Eingehen gestaltet. Ich benutze dazu die Figuren 1 und 2. In Fig. 1 sind teils des

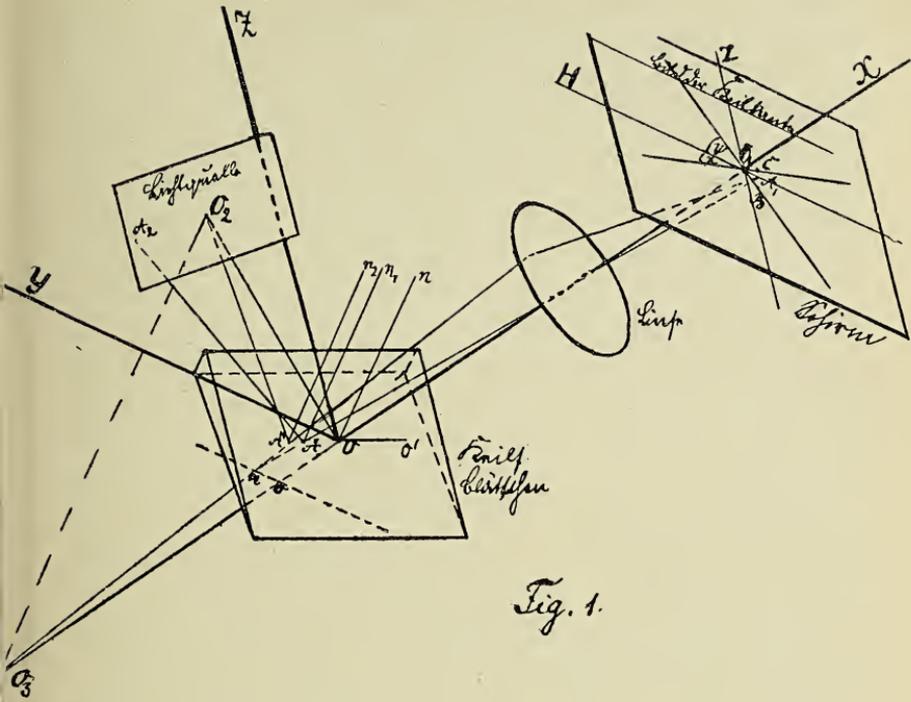


Fig. 1.

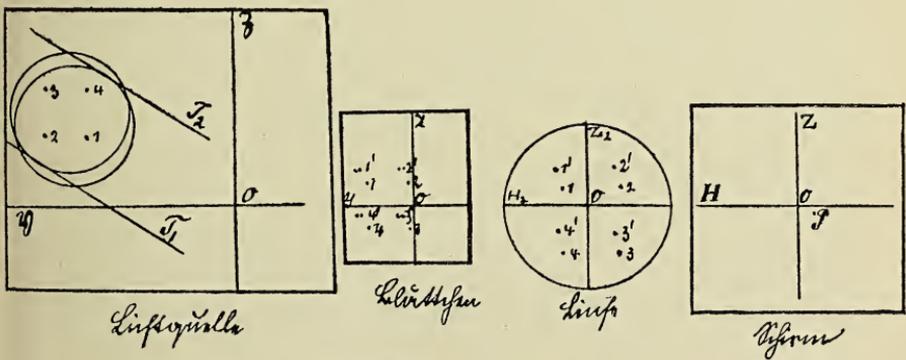


Fig. 2.

verfügbaren Raumes, teils der Deutlichkeit wegen die Entfernungen zwischen Lichtquelle, Blättchen, Linse und Schirm sehr viel kleiner, der Keilwinkel aber viel grösser gezeichnet, als sie in Wirklichkeit sein müssen; auch sind, um die Figur nicht zu überladen, nur an der Vorderfläche zurückgeworfene Strahlen gezeichnet. Den Verlauf der zugehörigen, an der Rückfläche reflektierten kann man sich mit Hilfe der Fig. 2 klar machen, welche die Ausgangs- und Durchtrittspunkte von vier nach dem beliebig gewählten Punkt P des Schirms gelangenden Strahlenpaaren bei Lichtquelle, Blättchen und Linse darstellt. Die nebeneinander gezeichneten Flächen sind auch des beschränkten Raumes wegen namentlich bei Lichtquelle und Blättchen, auch dem Schirm, bedeutend verkleinert; dagegen sind die den Strahlen zugehörigen Punkte für einen bestimmt angenommenen Fall berechnet und in ihrer wirklichen Lage eingetragen. In jeder Fläche ist ein Koordinatensystem angenommen, dessen Anfang der Treffpunkt des in der Linsenachse verlaufenden Strahls und dessen Y - (oder H -) Achse der Durchschnitt der XY -Ebene (Fig. 1) mit der betreffenden Fläche bildet. Die Figur bezieht sich auf eine bei den Beobachtungen verwandte Platte, für welche die Dicke (in der Mitte) $D = 1,17108$ Millimeter, der Keilwinkel $\vartheta = 56,6$ Sekunden, das Brechungsverhältnis für das benutzte Licht $n = 1,51921$ bestimmt worden war. Die Entfernung der Lichtquelle vom Blättchen ist zu $a = 2000$, die der Linse vom Blättchen zu $b = 400$, die Brennweite der Linse zu 200 Millimeter, der Winkel $\varphi = 90^\circ$, der Einfallswinkel des in der Achse der Linse verlaufenden Strahls $\alpha = 20^\circ$ angenommen. In dem Punkte P vereinigen sich bei Anwendung einer breiten Lichtquelle zwei durch die Linsenöffnung hindurchgegangene Strahlenkegel, von denen der eine an der Vorderfläche, der andere an der Hinterfläche des Blättchens zurückgeworfen ist, und die rückwärts bis zur Lichtquelle verfolgt auf dieser durch die beiden in der Figur gezeichneten Kreise begrenzt werden. Der untere umfasst die Punkte der Lichtquelle, die

einen an der Vorderfläche, der obere die Punkte, die einen an der Rückfläche des Blättchens zurückgeworfenen Strahl nach dem Punkt P senden. Von jedem Punkt der von beiden Kreisen überdeckten Fläche der Lichtquelle kommen nach P zwei Strahlen, ein zusammengehöriges Paar, die mit einander interferieren. Dagegen schicken die übrigen Teile beider Kreisflächen von jedem Punkt immer nur einen Strahl nach P , erzeugen also da keine Interferenz, sondern nur eine ihrer Grösse proportionale Helligkeit. Von den aus den vier Quadranten der Linsenfläche nach P gelangenden Strahlen ist zur Darstellung in der Figur jedesmal einer beliebig herausgegriffen. Die Punkte, wo diese vier Strahlen die Linse und die Vorderfläche des Blättchens treffen und von wo sie auf der Lichtquelle ausgehen sind durch 1, 2, 3, 4 bezeichnet, ferner sind für die von denselben Punkten der Lichtquelle ausgehenden und nach der Reflexion an der Rückseite des Blättchens nach P gelangenden Strahlen die Durchtrittspunkte durch die Vorderfläche des Blättchens und die Linse durch 1', 2', 3', 4' bezeichnet; die mit denselben Zahlen versehenen Strahlen bilden jedesmal ein Paar. Die in P zusammen treffenden Strahlenpaare haben im allgemeinen verschiedene Wegunterschiede, erzeugen daher auch verschiedene Intensitäten. Ich habe gezeigt,¹⁾ dass die durch eine gewisse lineare Gleichung zusammenhängenden Strahlenpaare, deren Ursprungsstellen auf der Lichtquelle also in bestimmten geraden Linien liegen, gleiche Wegunterschiede besitzen. In unserem Falle sind diese Geraden die Parallelen zu den in Fig. 2 an den wirksamen Teil der Lichtquelle gelegten Tangenten T_1 und T_2 . Gehen wir aber von T_1 nach T_2 hin, so nimmt der Gangunterschied ab; ist der Wechsel erheblich, mehrere Wellenlängen, so sind auch die von den verschiedenen Strahlenpaaren in P erzeugten Intensitäten sehr verschieden

1) Marb. Sitz.-Ber. 1880, S. 18, 19. Wiedem. Ann. 14, S. 556. Handb. der Physik, hrsg. v. Winkelmann. 2. Aufl. 6, S. 962.

und werden nur eine mittlere Helligkeit bewirken. Das Gleiche geschieht in den benachbarten Punkten, sodass eine Interferenzerscheinung auf dem Schirm nicht merkbar sein wird. Am schärfsten wird diese, wenn der Wechsel der Gangunterschiede von T_1 bis T_2 am kleinsten ist. Das tritt dann ein, wenn auf eine bestimmte Stelle, für welche ich die Formel angegeben habe,¹⁾ akkommodiert wird. In unserem Fall liegt diese Stelle um 980 Millimeter hinter dem Blättchen. Sie ist nicht von der Lage der Lichtquelle wohl aber von der der Linse abhängig.

Wenn nun auf diesen Ort eingestellt und der Wechsel der Gangunterschiede zwischen T_1 und T_2 klein ist, so wird für die in P erzeugte Intensität massgebend ein in der Mitte zwischen den Tangenten T_1 und T_2 ihnen parallel verlaufender Streifen der Lichtquelle sein. Wir können also die von sämtlichen Strahlenpaaren herrührende Helligkeit in P der von dem durch den Punkt O der Linse gegangenen Paar bewirkten proportionell setzen. Ich will dieses Paar künftig der Kürze wegen als das „mittlere Paar“ bezeichnen.

Wir haben uns im Vorstehenden ebenso wie in Fig. 2 auf die Strahlen beschränkt, welche an der Vorderfläche, und die, welche bei einmaligem Durchlaufen des Blättchens, an der Hinterfläche zurückgeworfen werden. Man kann aber sehr leicht auch den Gang der Strahlen angeben, die von denselben Punkten 1, 2, 3, 4 der Lichtquelle ausgehend nach mehrmaligem Durchlaufen des Blättchens nach P gelangen. Man braucht zu dem Ende nur die Linien 11', 22' u. s. w. um sich selbst zu verlängern und hat damit die Durchtrittspunkte der zweimal durch das Blättchen gehenden Strahlen; eine Verlängerung auf das dreifache des ursprünglichen Betrags gibt die Durchtrittspunkte der dreimal durchgehenden u. s. f. Wir wollen aber hier nicht genauer auf eine Behandlung dieser mehrfach zurückgeworfenen Strahlen eingehen.

1) Marb. Sitz.-Ber. 1880, S. 20. Wiedem. Ann. 14, S. 557. Handbuch der Physik, hrsg. v. Winkelmann. 2. Aufl. 6, S. 963.

An die Betrachtung des Strahlengangs möchte ich noch eine in mehrfacher Hinsicht beachtenswerte Bemerkung anschliessen. Die Fig. 3 stellt eine auf denselben Fall wie

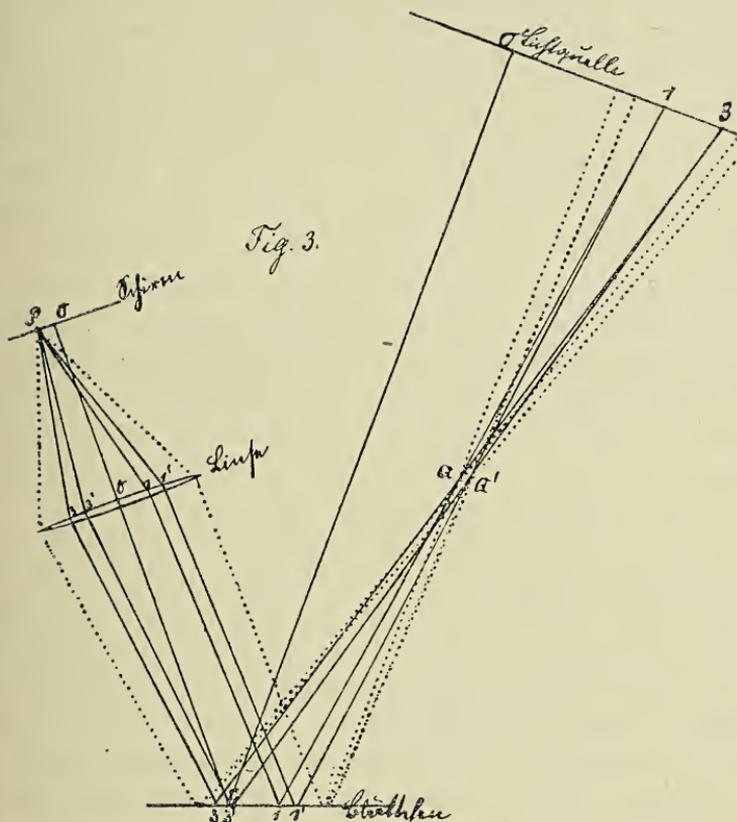


Fig. 2 bezügliche Projektion des Ganges der von den Punkten 1 u. 3 der Lichtquelle nach P gelangenden Strahlen dar. Es sind dabei die Abmessungen in den Ebenen von Schirm, Linse, Blättchen und Lichtquelle in wirklicher Grösse gezeichnet, dagegen die in der Richtung des Strahlengangs auf der Strecke von der Lichtquelle bis zum Blättchen auf ein Zwanzigstel, auf der Strecke vom Blättchen durch die

Linse zum Schirm auf ein Zehntel der wirklichen Grösse zusammengezogen. Die Begrenzung des gesamten nach P kommenden Lichtbündels ist durch die punktierten Linien angedeutet. Zwischen Blättchen und Lichtquelle besteht dieses aus zwei Teilen, dem, welcher an der Vorderfläche, und dem, welcher an der Hinterfläche zurückgeworfen wird. Es ist schon oben gesagt, dass in unserem Fall, um die Interferenzstreifen deutlich zu erhalten, auf einen Punkt eingestellt werden muss, der 980 Millimeter hinter dem Blättchen oder wegen der Zurückwerfung der Strahlen um diesen Betrag vom Blättchen nach der Lichtquelle hin liegt. An dieser Stelle würde also die Linse zwei Bilder des Punktes P erzeugen, eins durch die an der Vorder- das andere durch die an der Hinterfläche zurückgeworfenen Strahlen. Umgekehrt müssen natürlich nun auch die von der Lichtquelle nach P gelangenden Strahlen sämtlich durch einen dieser beiden Punkte gehen. Sie sind in der Fig. 3 durch Q für die an der Vorderfläche und durch Q' für die an der Hinterfläche zurückgeworfenen Strahlen bezeichnet. Die Lage der Punkte Q und Q' ist von a , der Entfernung der Lichtquelle ganz unabhängig.¹⁾ Nähert man diese nun dem Blättchen, so verringert sich zwar der Abstand der Mittelpunkte der Kreise auf ihr (Fig. 2), aber viel bedeutender zunächst deren Durchmesser, der in Fig. 3 durch den Abstand der durch einen der Punkte Q oder Q' hindurchgehenden punktierten Linien dargestellt wird. Die beiden Kreisen gemeinschaftliche Fläche wird immer kleiner, infolgedessen die Interferenz immer undeutlicher, und wenn die Lichtquelle an der Stelle angekommen ist, wo die inneren von Q und Q' ausgehenden punktierten Linien sich schneiden, hat sie ganz aufgehört. Das bleibt so bis die Lichtquelle jenseits Q u. Q' den Schnittpunkt der jetzt inneren punktierten Linien überschritten hat;

1) Marb. Sitzb. 1880. S. 20. Handb. d. Phys. Hrsg. v. Winkelmann. 2. Aufl. 6, S. 963. 1906.

dann treten zuerst undeutlich, allmählig schärfer werdend die Interferenzstreifen wieder auf.

Nur in einem besonders interessanten Fall tritt ein von dem beschriebenen verschiedenes Verhalten ein. Wenn nämlich die Ebene des Neigungswinkels der beiden Flächen des Blättchens sich mit der Einfallsebene des Achsenstrahls deckt, und die Keilkante auf der Seite der Lichtquelle liegt, so fallen bei Einstellung auf grösste Schärfe der Interferenzerscheinung die beiden Punkte Q u. Q' zusammen. Dann findet überhaupt durch Verschiebung der Lichtquelle kein Verschwinden der Streifen statt, und sie werden jetzt gerade dann am schärfsten, wenn die Lichtquelle an den Ort des Punktes Q gebracht wird, denn dann kommen alle von da nach P gelangenden Strahlen zur Interferenz, und zwar mit gleichem Gangunterschied. Es sind also die Bedingungen für die Deutlichkeit der Erscheinung, wie ich schon früher hervorgehoben habe ¹⁾, besonders günstig.

Wenn der Ort, auf den zu accommodieren ist, vor dem Blättchen, nach der Linse hin liegt, so fallen die Punkte Q u. Q' immer zusammen, aber es gehen Strahlenpaare verschiedenen Gangunterschieds und auch solche, von denen nur ein Strahl nach P gelangt hindurch, es wird daher die Schärfe der Erscheinung der vorhin erwähnten nicht gleichkommen. Die in P zur Interferenz kommenden Strahlen interferieren in diesem Fall ähnlich auch in Q , und insofern könnte man wohl die von sämtlichen Punkten Q gebildete Fläche als Interferenzfläche bezeichnen. Aber deutliche Streifen wird man hier nicht beobachten können, denn ausser den nach den P gelangenden kommen noch sehr viele andere Paare nach den Q , die ganz verschiedene Gangunterschiede besitzen, so dass wohl immer die Bildung wahrnehmbarer Erscheinungen an dieser Stelle verhindert wird.

1) Handbuch der Physik, hrsg. v. Winkelmann. 2. Aufl. 6, S. 964. 1906.

Um nun die Richtung der Interferenzstreifen abzuleiten, wollen wir eine Lage des Blättchens voraussetzen, wie sie der grossen Mehrzahl der von den Herrn Dr. Schmitt und Bartsch angestellten Versuche entspricht, nämlich so, dass die Ebene des Neigungswinkels der beiden Flächen des Blättchens senkrecht auf der Einfallsebene des Lichts steht. Dann ist der Winkel φ gleich 90 Grad. So ist die Lage des Blättchens auch in Fig. 1 gezeichnet.

Wir wollen zunächst annehmen, dass die Interferenzerscheinung durch eine breite Lichtquelle erzeugt werde, und wollen die Richtung eines auf dem Schirm durch den Koordinatenanfang O_1 hindurchgehenden Streifens festzustellen suchen. Wir haben oben gesehen, dass die von sämtlichen nach irgend einem Punkt des Schirms gelangenden Strahlenpaaren daselbst erzeugte Helligkeit der proportional zu setzen ist, welche das durch die Linsenmitte gehende Paar hervorruft. Wir müssen also den Gangunterschied des durch die Linsenmitte nach dem Punkt O_1 gehenden Strahlenpaars vergleichen mit dem eines ebendaher nach einem benachbarten Punkt gelangenden und die Lage des Punktes suchen, in dem der gleiche Gangunterschied wie in O_1 herrscht. Nun ist der von Thomas Young herrührende oben erwähnte Ausdruck nur das erste Glied des genaueren Ausdrucks für den Gangunterschied eines interferierenden Strahlenpaares auf dem Schirm.¹⁾ Wir können diesen Ausdruck schreiben:

$$(3) \dots \dots A = 2D\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha} + (\mathfrak{A} + \mathfrak{B}).$$

Darin ist das erste Glied rechts das von Th. Young angegebene. Die in der Klammer stehenden Glieder sind sehr klein gegen das erste, aber meist noch gross gegen eine Wellenlänge des Lichts. Dabei stellt \mathfrak{A} eine lineare homogene Funktion der Koordinaten dar, welche den ersten, an der

1) Marburger Sitz.-Ber. 1880, S. 18. Handb. der Physik, hrsg. v. Winkelmann. 2. Aufl. 6, 961. 1906

Vorderfläche des Blättchens zurückgeworfenen Strahl des Paares bestimmen. Für den in der Achse der Linse verlaufenden, nach O_1 gelangenden Strahl sind diese Koordinaten sämtlich Null, also verschwindet auch \mathfrak{A} ; für benachbarte Punkte auf dem Schirm hat es aber einen von Null verschiedenen Wert, der eben die Änderung des Gangunterschieds gegen O_1 darstellt, denn das von den Koordinaten unabhängige \mathfrak{B} hat für alle Punkte des Schirms denselben Wert, und ebenso das erste Glied, denn α bedeutet ja den Einfallswinkel des Achsenstrahls und D die Dicke des Blättchens an der von diesem getroffenen Stelle. Vornehmlich aus der genaueren Untersuchung dieses \mathfrak{A} habe ich in meinen früheren Arbeiten die Eigenschaften der Interferenzen dünner Blättchen entwickelt, und das ist auch für eine strenge Ableitung der für sie gültigen Gesetze der direkte und sichere Weg. Hier jedoch, wo es sich mehr darum handelt, den Grund für das Verhalten der Streifen anschaulich zu machen, will ich etwas anders verfahren und den oben angedeuteten Weg verfolgen. Wenn wir den Einfallswinkel des Achsenstrahls in Fig. 1 $O_2 O n = n O O_1$ durch α_1 und die Dicke des Blättchens in O durch D_1 bezeichnen, so können wir den Gangunterschied des mittleren Strahlenpaares von O_1 durch

$$A_1 = 2 D_1 \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha_1} + (\mathfrak{B}_1)$$

ausdrücken, da, wie vorhin bemerkt, \mathfrak{A} für diesen Punkt verschwindet. Der Gangunterschied des mittleren Strahlenpaares eines benachbarten Punktes, das nur um wenige Bogenminuten gegen das von O_1 geneigt sein möge, wird dann

$$A_2 = 2 D_1 \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha_1} + (\mathfrak{A}_1 + \mathfrak{B}_1).$$

Nun erkennt man leicht, und die Erfahrung bestätigt es, dass eine kleine Drehung der Linse, so dass ihre Achse jetzt den O_1 benachbarten Punkt trifft, keine merkbare Änderung in dem Gangunterschied A_2 des dahin gelangenden mittleren Strahlenpaares bewirken kann. Durch diese Drehung hat

sich aber der Einfallswinkel des Achsenstrahls und die Stelle, wo er das Blättchen trifft, also auch die Dicke D im allgemeinen geändert, ferner verschwindet jetzt wieder \mathfrak{A} , da der betrachtete Punkt in der Achse der Linse liegt. Nennen wir die geänderten Werte von α u. D jetzt α_2 u. D_2 , so haben wir

$$A_2 = 2 D_2 \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha_2} + (\mathfrak{B}_2),$$

worin \mathfrak{B}_2 aus \mathfrak{B}_1 durch den Übergang von α_1 u. D_1 in α_2 u. D_2 hervorgeht. Da \mathfrak{B} sehr klein ist gegen das erste Glied, so ist auch seine durch diesen Übergang bewirkte Änderung sehr klein gegen die des ersten Glieds, so dass sie dagegen vernachlässigt werden kann und wir haben

$$A_1 - A_2 = 2(D_1 \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha_1} - D_2 \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha_2}).$$

Wählen wir zum Vergleich mit O_1 den Punkt A_1 , der auf der H -Achse liegt, so wird der erste Strahl des zu ihm gehörigen mittleren Paares das Blättchen in einem Punkte A so treffen, dass AO der Keilkante parallel, also die Dicke in A dieselbe wie in O ist. Wir haben dann

$$A_1 - A_2 = 2 D_1 (\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha_1} - \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha_2}).$$

Da der Winkel $\alpha_2 = A_2 A n_1$ grösser ist als α_1 , so ist die zweite Wurzel in der Klammer kleiner als die erste, also A_1 grösser als A_2 . Daher kann A_1 nicht auf dem durch O_1 gehenden Interferenzstreifen liegen. Um einen diesem zugehörigen Punkt mit dem Einfallswinkel α_2 zu finden, muss das zugehörige D grösser werden. Man muss sich also von dem in der Figur auf dem Schirm eingetragene Bild der Keilkante (streng genommen müsste es heissen: Projektion des Bilds der Keilkante) entfernen etwa nach dem Punkte B . Die Linie BO_1 ist dann die gesuchte Richtung der Interferenzstreifen und sie macht mit der H -Achse den Winkel ψ , dessen Tangente in Gleichung (1) angegeben ist. Wir sehen, dass die Richtung der Streifen von der der H -Achse, die dem

Bild der Keilkante parallel ist, in den positiven Quadranten der HZ -Koordinaten hinein abweicht, wie es der Gleichung (1) und den Beobachtungen entspricht.

Wenn nun aber statt einer breiten eine punktförmige Lichtquelle angewandt wird, so gelangt bei Vernachlässigung der mehrfach das Blättchen durchlaufenden Strahlen nach jedem beleuchteten Punkt des Schirms nur ein an der Vorderfläche und ein an der Rückfläche zurückgeworfener Strahl, an der Grenze auch teilweise nur einer von beiden. Auf welcher Art dabei akkommodiert wird, ist im wesentlichen gleichgültig; wir wollen annehmen, dass die Einstellung für eine breite Lichtquelle beibehalten werde, und dass der Punkt O_2 , wo der Achsenstrahl die Ebene der bisherigen Lichtquelle trifft, der leuchtende Punkt sei. Das nach dem Punkt O_1 des Schirms gelangende Strahlenpaar, ist dann das ebendahin kommende mittlere des vorigen Falls, und daher die jetzt in O_1 erzeugte Lichtstärke der früheren proportional. Nach dem Punkt A_1 , den wir wieder mit O_1 vergleichen wollen, kommt jetzt aber nicht das mittlere Paar des früheren Strahlenkegels, denn das war von A_2 ausgegangen, wo sich jetzt kein leuchtender Punkt befindet. Um den an der Vorderfläche des Blättchens zurückgeworfenen Strahl zu finden, suchen wir zwei Punkte, die auf seiner Bahn oder deren Verlängerung nach rückwärts liegen müssen. Der eine dieser Punkte ist das von der Linse entworfene Bild des Punktes A_1 . Es sei die durch den Punkt o auf der Verlängerung von $O_1 O$ parallel zu $O_1 H$ gezogene Linie das Bild dieser H -Achse. Wenn wir dann zu der von A_1 nach dem ersten Hauptpunkt der Linse gezogenen Graden eine Parallele durch den zweiten Hauptpunkt legen, so ist deren Durchschnitt a mit der eben durch o gelegten Graden der gesuchte Bildpunkt von A_1 . Der zweiten verlangten Strahl bestimmende Punkt ist der Bildpunkt von O_2 in der Vorderfläche des Blättchens. Wir finden ihn, wenn wir durch O_2 eine Parallele zu O_n , der Normalen auf diese Fläche ziehen und bis zum Durchschnitt mit der Ver-

längerung von $O_1 O$ führen. Der so erhaltene Punkt O_3 ist das Bild von O_2 . Verbinden wir O_3 mit a , so haben wir in der Verlängerung dieser Geraden von ihrem Durchschnitt A' (in der Linie $O'OA$) mit der Vorderfläche des Blättchens an den gesuchten Strahl. Ein Blick auf die Figur zeigt, dass sein Einfallswinkel $O_2 A'n_2$ kleiner ist als $O_2 On$, der des nach O_1 gelangenden Strahls, während bei der breiten Lichtquelle das für die Lichtstärke in A_1 massgebende Paar $A_2 A A_1$ mit dem zugehörigen Strahl einen grösseren Einfallswinkel hatte als $O_2 On$. Es wird also jetzt der Gangunterschied in A_1 grösser als in O_1 , und wir müssen, um bei unverändertem Einfallswinkel einen Punkt mit gleichem Gangunterschied zu finden, uns nach der Keilkante hin etwa nach C bewegen. Die mit der positiven H -Achse den Winkel χ machende Gerade CO_1 ist also die Richtung der Interferenzstreifen und weicht, wie es der Gleichung (2) und den Beobachtungen entspricht nach der Seite der negativen Z - von der H -Achse ab.

Nachtrag zum Bericht vom 13. Januar

von A. Schwantke.

In seinem Vortrage, Seite 14 dieser Sitzungsberichte, hat der Verf. zum Vergleich mit seinen Tabellen, die die ziffermässige Änderung der Orthoklasanalysen mit steigender Albit- resp. Anorthitbeimischung veranschaulichen, auch die analog berechneten Werte von Wülfing für Plagioklas-mischungen $Ab + An$ hinzugefügt.

Hierzu ist noch zu bemerken, dass diese Werte mit $Ab = NaAlSi_3O_8$ berechnet sind, während in der vom Verf. berechneten Tabelle der $Or + An$ Mischungen mit der doppelten Formel $K_2Al_2Si_6O_{16}$ für Orthoklas gerechnet wurde, was für den vorliegenden Zweck besser war, um langsam ansteigende Werte für CaO zu erhalten. Für $Ab = Na_2Al_2Si_6O_{16}$ entsprechen dann den Zahlen von Wülfing andere prozentische Verhältnisse von $Ab : An$, wie aus nachstehender Zusammenstellung ersichtlich ist (I nach Wülfing $Ab = NaAlSi_3O_8 + An = CaAl_2Si_2O_8$, II $Ab = Na_2Al_2Si_6O_{16} + An = CaAl_2Si_2O_8$).

I	Ab_{95}	An_5	Ab_{90}	An_{10}	Ab_{85}	An_{15}	Ab_{80}	An_{20}	Ab_{75}	An_{25}
II	$Ab_{90.48}$	$An_{9.52}$	$Ab_{81.82}$	$An_{18.18}$	$Ab_{77.91}$	$An_{22.09}$	$Ab_{66.67}$	$An_{33.33}$	Ab_{60}	An_{40}

Die mit der doppelten Albitformel berechneten Werte für um 5% steigenden Gehalt an Anorthit sind:

	Ab_{95} An_{15}	Ab_{90} An_{10}	Ab_{85} An_{15}	Ab_{80} An_{20}	Ab_{75} An_{25}
SiO_2	68.11	67.39	66.62	65.82	64.97
Al_2O_3	19.87	20.36	20.88	21.42	21.99
CaO	0.55	1.12	1.72	2.35	3.02
Na_2O	11.47	11.13	10.78	10.41	10.02

In der Sitzung vom 8. Dezember 1908 sprach Herr F. A. Schulze:

Zur Schwedoff'schen ballistischen Theorie der Funkenentladung.

Vor einiger Zeit ist von Th. Schwedoff¹⁾ eine sehr bemerkenswerte Theorie der Funkenentladung aufgestellt worden, die in ganz ausgezeichneter Weise quantitative Uebereinstimmung bietet mit den bisherigen Messungen der Funkenpotentiale in homogenen elektrischen Feldern bei Atmosphärendruck. Zudem ist sie von grosser Einfachheit und ihre weitere Bestätigung würde nicht nur an und für sich zur Aufklärung der Vorgänge bei der Funkenentladung, sondern auch durch die damit gegebene Sicherung der ihr zu grunde liegenden Annahmen und deren weitere Konsequenzen für andere elektrische Vorgänge von Wert und Interesse sein.

Diese von Schwedoff als „ballistische“ bezeichnete Theorie geht von folgender auf der modernen IONENTHEORIE fussenden und an die J. J. THOMSONSCHE STOSSTHEORIE ANKNÜPFENDEN VORSTELLUNGEN AUS, bei deren Darlegung ich mich möglichst der eigenen Worte Schwedoffs bedienen möchte.

1) Th. Schwedoff, Ann. d. Phys. 19, p. 918. 1906.

Schwedoff sagt:

„Ein freies Ion „fällt“ im elektischen Felde wie eine Bleikugel im Felde der Schwerkraft. Es erfährt dabei den mechanischen Widerstand des Mittels. Zugleich ziehe ich auch die Wirkung der elektrischen Kraft auf neutrale Gasmoleküle in Betracht. Unter diesen Bedingungen besteht die Grundannahme der Theorie darin, dass der Zerfall der Gasmoleküle in freie Ionen erst dann eintritt, wenn die Feldstärke und die kinetische Energie der im Gase vorhandenen Ionen hinreichende Grösse erreichen, um durch ihre kombinierte Wirkung Gasmoleküle zu zersetzen. Tritt einmal der Zerfall der Moleküle auf der ganzen Strecke zwischen den Elektroden ein, so erfolgt auch die Funkenentladung.“

Durch die elektrische Kraft h sollen die beiden Ionen eines Gasmoleküls mit den Ladungen $+\varepsilon$ und $-\varepsilon$ um eine Strecke auseinandergezogen werden mit der Kraft $h\varepsilon$. Diese Kraft leistet einen Teil der zur vollständigen Trennung erforderlichen Arbeit, der angesetzt wird in der Form $z = h\varepsilon\lambda$, wo λ eine Länge ist. Der andere Teil der gesamten erforderlichen Trennungsarbeit ω wird geliefert durch die kinetische Energie $\frac{1}{2}mu^2$ des anfliegenden Ions.

Bei wachsender Feldstärke h gelangt man zu einer Feldstärke h_0 , die allein schon genügen würde, eine Trennung des Ionenpaares herbeizuführen. h_0 bestimmt sich aus dem Ansatz $\omega = h_0\varepsilon\lambda$. Man hat also $\frac{mu^2}{2} = (h_0 - h)\varepsilon\lambda$.

Der Bewegung des Ions soll sich nun ferner noch eine Reibungskraft entgegensetzen, die Schwedoff als proportional u^2 ansetzt. Die Bewegungsgleichung des Ions ist also $m\frac{du}{dt} = h\varepsilon - pu^2$. Der maximale Wert der Energie gehört jenen Elektronen, die die ganze Funkenlänge durchlaufen. Aus diesen Annahmen ergibt sich bei Beschränkung

auf homogene Felder als Beziehung zwischen Schlagweite l und Feldstärke h , wenn zur Abkürzung gesetzt wird

$$\frac{m}{2p} = c$$

$$1) \dots \dots \dots h = \frac{h_0}{1 + \frac{c}{\lambda} \left(1 - e^{-\frac{l}{c}} \right)}$$

Swedoff zeigt zunächst, wie dieser Ausdruck qualitativ vollkommen die eigentümlichen Beziehungen zwischen Schlagweite und Feldstärke in homogenen Feldern wiedergibt, insbesondere die Konstanz der zur Entladung nötigen Feldstärke bei grossen Schlagweiten, wo also diese kritische Feldstärke unabhängig von der Schlagweite ist, und ferner den enormen Anstieg der Entladungsfeldstärke bei kleinen Schlagweiten. Numerisch ergibt sich h_0 aus den Versuchen von Earhart¹⁾ bei sehr kleinen Schlagweiten zu etwa 6400 el.-stat. Einheiten (C. G. S.). λ berechnet sich zu $\lambda = 2,2 \mu$. Für c ergibt sich als erster Näherungswert $c = 41 \mu$.

Um die experimentellen Resultate vollkommen genau wiederzugeben, ist nach Swedoff in Formel 1) c nicht als ganz konstant, sondern als Funktion von l anzunehmen, und zwar gibt er als denjenigen Wert von c , der sich den Experimenten am besten anschliesst, an:

$$c = 43 \log \text{Brigg} \left(1 + \frac{l}{8} \right) \text{ Mikron.}$$

Bei Annahme dieser Werte von c ist die Uebereinstimmung der nach 1) berechneten Feldstärken, die zur Funkenentladung erforderlich sind, mit den vorliegenden experimentellen Daten eine vorzügliche.

Swedoff selbst hat diese Theorie nur für homogene Felder durchgeführt; es ist ihm leider nicht mehr vergönnt gewesen, seine Theorie weiter auszubauen.

1) F. Earhart, Phil. Mag. (6) 1, p. 153. 1901.

Soll nun diese Theorie und damit die ihr zu Grunde liegenden Hypothesen und theoretischen Konsequenzen wirklich richtig sein, so wird man vor allem verlangen müssen, dass sie auch für ungleichförmige Felder numerisch mit der Erfahrung übereinstimmende Werte für die Funkenpotentiale ergibt, und zwar mit denjenigen Werten von h_0 , λ und c , die sich aus den Messungen bei homogenen Feldern ergeben. Erst dann wird sie als sicher begründet gelten dürfen.

Es soll im folgenden gezeigt werden, dass die Theorie, wenigstens in der vorliegenden Form, für ungleichförmige Felder versagt.

Eine Besprechung der möglichen Bedenken und Einwände gegen die Schwedoffsche Theorie soll am Schlusse erfolgen.

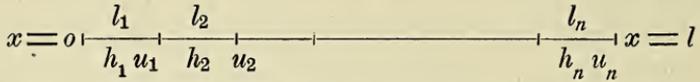
Es seien also alle Annahmen von Schwedoff beibehalten mit Ausnahme derjenigen, dass die Feldstärke h konstant ist. Es soll h eine Funktion von x , des Ortes zwischen den Elektroden sein. Wir wollen uns aber dabei auf den Fall beschränken, dass die Funkenbahn gradlinig ist. c sei zunächst als konstant angenommen, x sei die zur Zeit t vom Elektron zurückgelegte Weglänge, u seine Geschwindigkeit. Es gilt dann die Gleichung:

$$2) \quad \dots \dots \dots dx = \frac{mu \, du}{h\varepsilon - pu^2}$$

Wir teilen nun die Funkenlänge l zwischen $x=0$ und $x=l$ in n Teile $l_1, l_2, \dots, l_k, \dots, l_n$, innerhalb deren h als konstant angenommen werden soll mit den Werten $h_1, h_2, \dots, h_k, \dots, h_n$. Wir integrieren 2) für ein solches Intervall, etwa für h_k . Es wird

$$l_k = \frac{m}{2p} \operatorname{lognat} \frac{1 - \frac{p}{\varepsilon h_k} u_{k-1}^2}{1 - \frac{p}{\varepsilon h_k} u_k^2}$$

wenn u_{k-1} , u_k die Geschwindigkeiten am Anfange und am Ende von l_k sind.



Es gelten also successive die folgenden Gleichungen :

$$\begin{aligned}
 3) \quad & \dots \dots \dots l_1 = \frac{m}{2p} \log \text{nat} \frac{1}{1 - \frac{p}{\varepsilon h_1} u_1^2} \quad , \text{ da } u_0 = 0. \\
 & l_2 = \frac{m}{2p} \log \text{nat} \frac{1 - \frac{p}{\varepsilon h_2} u_1^2}{1 - \frac{p}{\varepsilon h_2} u_2^2} \\
 & l_3 = \frac{m}{2p} \log \text{nat} \frac{1 - \frac{p}{\varepsilon h_3} u_2^2}{1 - \frac{p}{\varepsilon h_3} u_3^2} \\
 & \vdots \\
 & \vdots \\
 & l_n = \frac{m}{2p} \log \text{nat} \frac{1 - \frac{p}{\varepsilon h_n} u_{n-1}^2}{1 - \frac{p}{\varepsilon h_n} u_n^2}
 \end{aligned}$$

Wir setzen :

$$\frac{m}{2p} = c ; \quad \frac{p}{\varepsilon h_n} = B_n$$

Aus der letzten Gleichung kommt dann :

$$e^{\frac{l_n}{c}} = \frac{1 - B_n u_{n-1}^2}{1 - B_n u_n^2}, \quad B_n u_n^2 = 1 - e^{-\frac{l_n}{c}} + B_n u_{n-1}^2 e^{-\frac{l_n}{c}}$$

$$\text{oder} \quad B_n u_n^2 = 1 - e^{-\frac{l_n}{c}} + \frac{B_n - B_{n-1}}{B_{n-1}} u_{n-1}^2 e^{-\frac{l_n}{c}}$$

Nach der vorletzten Gleichung des Gleichungssystems 3 ist nun

$$B_{n-1} u_{n-1}^2 = 1 - e^{-\frac{l_{n-1}}{c}} + B_{n-1} u_{n-2}^2 e^{-\frac{l_{n-1}}{c}}$$

$$\begin{aligned}
 B_n u_n^2 &= 1 - e^{-\frac{l_n}{c}} + \frac{B_n}{B_{n-1}} e^{-\frac{l_n}{c}} - \frac{B_n}{B_{n-1}} e^{-\frac{1}{c}(l_n + l_{n-1})} \\
 &\quad + \frac{B_n}{B_{n-1}} \frac{B_{n-1}}{B_{n-2}} B_{n-2} u_{n-2}^2 c^{-\frac{1}{c}(l_n + l_{n-1})} \\
 &= 1 - e^{-\frac{l_n}{c}} + \frac{B_n}{B_{n-1}} e^{-\frac{l_n}{c}} - \frac{B_n}{B_{n-1}} e^{-\frac{1}{c}(l_n + l_{n-1})} \\
 &\quad + \frac{B_n}{B_{n-2}} e^{-\frac{1}{c}(l_n + l_{n-1})} \left\{ 1 - e^{-\frac{l_{n-2}}{c}} B_{n-2} u_{n-3}^2 e^{-\frac{l_{n-2}}{c}} \right\} \\
 &\quad - e^{-\frac{l_n}{c}} + \frac{B_n}{B_{n-1}} e^{-\frac{l_n}{c}} - \frac{B_n}{B_{n-1}} e^{-\frac{1}{c}(l_n + l_{n-1})} + \frac{B_n}{B_{n-2}} e^{-\frac{1}{c}(l_n + l_{n-1})} \\
 &\quad - \frac{1}{c}(l_n + l_{n-1} + l_{n-2}) + \frac{B_n}{B_{n-3}} e^{-\frac{1}{c}(l_n + l_{n-1} + l_{n-2})} \cdot B_{n-3} x_{n-3}^2
 \end{aligned}$$

Für $B_{n-3} u_{n-3}^2$ ist der Wert aus der viertletzten Gleichung einzusetzen u. s. w. bis man an das Glied mit $B_1 u_1^2$ gelangt. Es wird

$$\begin{aligned}
 B_n u_n^2 &= 1 - e^{-\frac{l_n}{c}} + \frac{h_{n-1}}{h_n} c^{-\frac{l_n}{c}} \left(1 - e^{-\frac{l_{n-1}}{c}} \right) + \frac{h_{n-2}}{h_n} \\
 &\quad e^{-\frac{1}{c}(l_n + l_{n-1})} \left(1 - e^{-\frac{l_{n-1}}{c}} \right) \\
 &\quad + \dots + \frac{h_1}{h_n} e^{-(l_n + \dots + l_2)} B_1 u_1^2.
 \end{aligned}$$

Es ist aber $B_1 u_1^2 = 1 - e^{-\frac{l_1}{c}}$,

$$\begin{aligned} \text{also } B_n u_n^2 = & \left[1 - e^{-\frac{l_n}{c}} + \frac{h_{n-1}}{h_n} e^{-\frac{l_n}{c}} \left(1 - e^{-\frac{l_n}{c}} \right) \right. \\ & + \frac{h_{n-2}}{h_n} e^{-\frac{l_n + l_{n-1}}{c}} \left(1 - e^{-\frac{l_{n-2}}{c}} \right) + \dots \\ & \left. + \frac{h_1}{h_n} e^{-\frac{1}{c}(l_n + l_{n-1} + \dots + l_2)} \left(1 - e^{-\frac{l_1}{c}} \right) \right] = \frac{p}{\varepsilon h_n} u_n^2; \end{aligned}$$

$u_n^2 = \frac{\varepsilon h_n}{p} [\dots]$. Am Ende der Funkenstrecke hat das Elektron die kinetische Energie

$$\frac{m}{2} u_n^2 = \frac{m}{2} \frac{\varepsilon h_n}{p} [\dots] = c \varepsilon h_n [\dots]$$

Nach der Schwedoffschen Theorie muss, wenn Funkenentladung eintreten soll, sein: $\frac{1}{2} m u_n^2 = (h_0 - h_n) \varepsilon \lambda$, also:

$$h_n \varepsilon c [\dots] = (h_0 - h) \varepsilon \lambda; h_n = \frac{h}{1 + \frac{c}{\lambda} [\dots]}$$

Der Klammerausdruck $[\dots]$ lässt sich schreiben in der Form:

$$\begin{aligned} [\dots] = & 1 - \frac{h_1}{h_n} e^{-\frac{1}{c}(l_1 + l_2 + \dots + l_n)} - \frac{1}{h_n} \left\{ (h_n - h_{n-1}) e^{-\frac{l_n}{c}} \right. \\ & + (h_{n-1} - h_{n-2}) e^{-\frac{1}{c}(l_n + l_{n-1})} + \dots + (h_2 - h_1) e^{-\frac{1}{c}(l_n + l_{n-1} + \dots + l_2)} \end{aligned}$$

Alle Strecken l_k mögen nun kleiner und kleiner, schliesslich als Differentiale dx angenommen werden. Es lässt sich dann schreiben:

$$[\dots] = 1 - \frac{h_1}{h_l} e^{-\frac{l}{c}} - \frac{1}{h_l} \int_0^l \frac{dh}{dx} e^{-\frac{l-x}{c}} dx$$

wenn mit h_1 und h_l die Feldstärken an den Elektroden bezeichnet werden. Aus h_n wird dann:

$$h_l = \frac{h_0}{1 + \frac{c}{\lambda} \left\{ 1 - \frac{h_1}{h_l} e^{-\frac{l}{c}} - \frac{1}{h_l} \int_0^l \frac{dh}{dx} e^{-\frac{l-x}{c}} dx \right\}}$$

Für gleichförmige Felder

$$\left(h_1 = h_2 = \dots = h_n, \frac{dh}{dx} = 0 \right)$$

geht der Ausdruck in den Schwedoff'schen

$$h = \frac{h_0}{1 + \frac{c}{\lambda} \left(1 - e^{-\frac{l}{c}} \right)}$$

über, wie es sein muss.

Zur bequemen numerischen Berechnung soll noch eine kleine Umformung vorgenommen werden.

Es ist

$$\int_0^l \frac{dh}{dx} e^{-\frac{l-x}{c}} dx = \left[h e^{-\frac{l-x}{c}} \right]_0^l \int_0^l h \cdot \frac{de}{dx} e^{-\frac{l-x}{c}} dx$$

$$= h_l - h_0 c^{-\frac{l}{c}} - \frac{1}{c} \int_0^l h e^{-\frac{l-x}{c}} dx; \text{ mithin}$$

$$\frac{1}{h_l} \int_0^l \frac{dh}{dx} e^{-\frac{l-x}{c}} dx = 1 - \frac{h_0}{h_l} e^{-\frac{l}{c}} - \frac{1}{c} \int_0^l \frac{h}{h_n} e^{-\frac{l-x}{c}} dx$$

Also:

$$4) \dots h_n = \frac{h_0}{1 + \frac{1}{\lambda} \int_0^l \frac{h}{h_n} e^{-\frac{l-x}{c}} dx}$$

Man überzeugt sich leicht, dass für homogene Felder dieser Ausdruck wieder vollständig in den Schwedoff'schen übergeht.

Es ist nun zu prüfen, ob der Ausdruck 4) für inhomogene Felder in Uebereinstimmung mit den vorliegenden Messungen ist oder nicht, wenn man für λ , c und h_0 die von Schwedoff aus den Messungen an homogenen Feldern berechneten Werte einsetzt.

Messungen in homogenen Felder liegen noch vor für Kugelelektroden, konzentrische Cylinder als Elektroden, sowie Spitzen und Ebenen als Elektroden.

Wir wollen den Fall von Kugelelektroden (eine Kugel isoliert; die andere zur Erde) benutzen. Für diesen Fall lassen sich aus den von G. Kirchhoff¹⁾ angegebenen Formeln die Potentiale an jedem Ort, und damit auch die Feldstärken h

1) G. Kirchhoff, Ges. Abhandlungen, p. 78. Leipzig 1882.

auf der Verbindungslinie der Kugelmittelpunkte, auf welcher Strecke sie für unseren Zweck nur in Betracht kommen, streng angeben. Die Ausdrücke werden jedoch unbequem für die Rechnung. Ich hab es deshalb vorgezogen, diese Feldstärken auf folgendem allerdings nicht strengen Wege zu berechnen, der die Methode der elektrischen Bilder benutzt.

Befindet sich eine Kugel von Radius R auf dem Potential Null, und ausserhalb der Kugel im Abstände p von ihrem Mittelpunkt O ein Punkt mit der Elektrizitätsmenge $+e$, so ist das Potential ausserhalb der Kugel so zu berechnen, als ob sich ausser dem Punkt P mit der Ladung $+e$ noch im Innern der Kugel auf der Linie OP im Punkte P' eine Ladung $-e'$ befände. Die Strecke $PO' = p'$ ist gegeben durch die Beziehung $p' = \frac{R^2}{p}$ und e' ist gegeben durch

$e' = e \frac{R}{p}$. Nun sind allerdings diejenigen Aequipotentialflächen, die schalenförmig den Punkt umgeben, keine Kugelflächen; sie sind aber nahe Kugelflächen, solange sie nicht nahe an die Kugelfläche vom Potential Null herankommen.¹⁾ Sie sind sogar noch in ziemlich weiter Entfernung annähernd Kugelflächen, deren Mittelpunkt aber nicht mehr im P selbst, sondern etwas auf der Centrallinie verschoben liegt und sich leicht berechnen lässt.

Für den vorliegenden Fall sind aber gerade die Fälle von Interesse, wo die Schlagweite gross gegen die Kugelradien ist, weil dann das Feld besonders inhomogen wird. Je näher die beiden Kugelflächen einander kommen, desto mehr nähert sich das Feld einem homogenen, desto besser ist natürlich die Uebereinstimmung mit der Schwedoffschen Theorie; etwaige Abweichungen können dann nicht hervortreten.

1) Siehe hierzu die entsprechenden Erörterungen und Zeichnungen in Cl. Maxwell, Treatise, deutsch von Weinstein, I. p. 176 und Tafel III. Aus der Tafel erkennt man, wie nahe die Aequipotentialflächen um P der Kugelgestalt kommen, je näher sie an P liegen.

Es wird genügen an einem einzigen Beispiel die Formel 4) zu prüfen.

Es seien hierzu die Messungen von Heydweiller¹⁾ über das Entladungspotential bei Kugeln von 0,25 cm Radius gewählt; es sind dies, soweit ich sehe, die kleinsten Kugeln, an denen Messungen ausgeführt sind. Zwar liegen Messungen von Baille²⁾ vor an Kugeln von nur 0,1 cm Radius, doch giebt Baille nichts über die Art der Zuführung an, welche die Entladungspotentiale sehr beeinflussen kann. Heydweiller giebt folgende Tabelle:

Funkenlänge in cm	Funkenpot. in el.-stat. Einh.
0.1	16.1
0.2	27.9
0.3	37.8
0.4	45.9
0.5	52.4
0.6	57.3
0.7	61.4
0.8	63.0
1.0	67.3
1.5	74.4

Die Konstruktion und Rechnung nach der Methode der elektrischen Bilder ergibt, dass man in dem vorliegenden Fall schon von einer Funkenlänge von etwa 0,5 cm an annehmen kann, dass die Aequipotentialflächen um den Punkt mit der Ladung e nahezu Kugelflächen sind, und dass die Kraft in der Nähe dieser Kugelflächen einfach so berechnet werden kann, als ob in dem Feld nur die Elektrizitätsmenge e

1) Heydweiller, Wied. Ann. 48, p. 235, 1893.

2) Baille, Ann. de Chim. et de Phys. [5] 25, p. 486, 1882.

im Mittelpunkt der Kugel vorhanden wäre, und die zweite Kugelfläche nicht existierte.

In dem Ausdruck

$$h_n = \frac{h_0}{1 + \frac{1}{\lambda} \int_0^l \frac{h_x}{h_l} e^{-\frac{l-x}{c}} dx}$$

ist nun, wenn wir uns auf Funkenlängen bis zu 1 cm beschränken, c höchstens 0,014 cm zu setzen; wird $l-x$ zehnmal grösser als c , also zu 0,14 cm angenommen, so liefert diese Stelle schon keinen merklichen Beitrag mehr zum

Integral; selbst für $l-x = 3c$ ist $e^{-\frac{l-x}{c}}$ nur noch etwa 0,05. Man sieht also, dass für Kugelflächen von 0,25 cm Radius schon bei Funkenstrecken von ca. 0,5 cm an die Grösse h_n , die die Funkenentladung nach der Schwedoff'schen Theorie herbeiführen soll, denselben Wert haben muss; mithin müsste von dieser Funkenlänge an auch das Funkenpotential konstant bleiben, unabhängig von der Schlagweite sein. Nun ist ja allerdings in dem Intervall 0,5 — 1,0 cm das Funkenpotential bei Kugelelektroden von 0,25 cm Radius sehr viel weniger veränderlich, als für Ebenen, doch ist immer noch eine Aenderung um etwa 25% vorhanden, erst bei noch grösseren Schlagweiten scheint sich das Funkenpotential einem Grenzwert zu nähern.

Aber auch die absolute Grösse von h_n und damit die Grösse des Funkenpotentials stimmt mit dem wirklichen Wert auch nicht annähernd überein.

Die wirklichen Werte von h_n bei der Funkenentladung für Kugelelektroden von 0,28 cm Radius sind in der folgenden Tabelle angegeben, die auch die Funkenfeldstärken h für ebene Elektroden enthält.

Funkenlänge in cm	h_n	h'
0.5	208	109
0.6	228	106
0.7	244	106
0.8	252	106
0.9	260	105
1.0	268	106

Wir haben
$$\frac{h'_n}{h_n} = \frac{1 + \frac{1}{\lambda} \int_0^l e^{-\frac{l-x}{c}} dx}{1 + \frac{1}{\lambda} \int_0^l \frac{h_x}{h_l} e^{-\frac{l-x}{c}} dx}$$

Nach dem vorigen braucht man in den Integralen zur numerischen Berechnung nur diejenigen Werte des Integranden zu berücksichtigen, die sehr nahe an der Elektrode liegen, höchstens etwa von der Elektrode an noch 0,05 cm weit auf der Funkenstrecke. Auf dieser kleinen Strecke ist aber die Änderung h_x nur sehr klein, in unserem Falle wird dort $\frac{h_x}{h_l} = 0,694$ und wächst nach der Elektrode hin schnell gegen 1.

h_n kann also nur höchstens einige % grösser werden als h' . Es ist aber ganz ausgeschlossen, dass es die beobachteten Werte auch nur annähernd erreicht. Eine nähere numerische Berechnung ergibt z. B. für eine Funkenlänge von 1 cm $\frac{h_n}{h'_n} = 1,09$ während in Wirklichkeit $\frac{h_n}{h'_n}$ den Wert 2,53 hat.

Das Entladungspotential würde sich demnach nach der Schwedoff'schen Theorie berechnen zu 29,0, während es sich experimentell zu 67,3 ergibt.

Aus diesen Ergebnissen folgt also, dass entweder die Schwedoff'sche Theorie überhaupt nicht haltbar ist, oder dass sie wenigstens noch erheblicher Modifikationen bedarf.

In letzterer Hinsicht sei nun auf eine Ueberlegung hingewiesen, aus der hervorgeht, dass die von Schwedoff berechneten Werte von c tatsächlich zu klein sind.

Swedoff geht nämlich wie schon gesagt, folgendermassen vor: Es wird zuerst die zur Entladung erforderliche Feldstärke h berechnet unter der Annahme, dass c vollständig konstant ist, zu

$$h = \frac{ho}{1 + \frac{c}{\lambda} \left(1 - e^{-\frac{l}{c}} \right)}$$

Es zeigt sich nun, dass die nach dieser Formel berechneten Entladungsfeldstärken, für $c = 41 \mu$, nicht genau mit den experimentell beobachteten übereinstimmen. Schwedoff sucht den Grund dafür darin, dass c nicht vollkommen konstant ist, sondern mit der Funkenlänge zunimmt. Um diese neuen Werte von c zu berechnen, geht er so vor, dass er direkt in die für konstantes c geltende Formel zu den betreffenden Werten von l denjenigen Wert von c sucht, der den experimentell gefundenen Wert von h liefert.

Bei dieser Art der Berechnung wird man aber nicht denjenigen Wert von c finden, der an dem Endpunkt von l gilt, nachdem das Elektron die Länge der Funkenstrecke durchlaufen hat, sondern einen Wert, der zwischen dem Anfangswert von c , also dem für sehr kleinen l geltenden Wert, und dem gesuchten, am Ende der Funkenstrecke geltenden, liegt, also einen Mittelwert aller auf der Strecke von 0 bis l geltenden Werte von c . Der wirkliche Wert von c

für den Endpunkt der Funkenstrecke l muss notwendig grösser sein, als der von Schwedoff angegebene. Es wäre nicht undenkbar, dass diese wirklichen Werte von c so gross wären, wie sie nach der angestellten Berechnung sein müssten, wenn die Schwedoffsche Theorie auch für ungleichförmige Felder mit der Erfahrung übereinstimmende Funkenpotentiale liefern soll, dass sich also die Schwedoffsche Theorie doch allgemein, auch für ungleichförmige Felder bestätigte.

Um dies zu untersuchen, soll angenommen werden, dass die wirklichen Werte von c linear mit der Funkenlänge ansteigen. Es sei $c = a + bx$. Wenn auch die wahre Zunahme von c ein anderes Gesetz befolgen mag, so wird man wenigstens die Grössenordnung des bei der Berechnung von c gemachten Fehlers abschätzen können.

Unter dieser Annahme $c = a + bx$ soll nun die Bewegungsgleichung des Elektrons integriert und die Entladungsfeldstärke h_n für die Funkenlänge l berechnet werden. Ein Vergleich des Ausdruckes für diese Feldstärke h_n mit dem Schwedoffschen Ausdruck, in dem der von ihm zur Funkenlänge l angegebene Wert von c einzusetzen ist, der mit c' bezeichnet werde, liefert den Wert von b ; man kann so den Wert von c am Ende der Funkenstrecke l , $c_l = a + bl$ berechnen und mit c' vergleichen.

Für a soll der aus der Schwedoffschen Theorie zu berechnende Wert gesetzt werden. Die von Schwedoff angegebene empirische Formel $c = 43 \log \text{Brigg} (1 + \frac{l}{8}) \mu$ ist hier nicht verwendbar; sie ist erst von $l = 0,0025$ cm an von Schwedoff berechnet und gültig; für $l = 0$ würde sie ergeben $c = 0$. Nach den Messungen von Earhart von etwa 8μ an (für noch kleinere Werte von l sind die Messungen zu schwankend und unsicher) würde etwa $c = 40 \mu$ die Beobachtungen gut wiedergeben. Demgemäss sei angenommen $a = 40 \mu$.

Im Gegensatz zu der vorigen Berechnung, bei der c konstant, aber h veränderlich war, soll nun h konstant, aber c eine Funktion von x sein. Die Rechnung selbst gestaltet sich aber ganz ähnlich.

Wir nehmen wieder zunächst an, dass sich auf der Länge der Funkenbahn l der Wert von c auf den Teilstrecken l_1, \dots, l_n unstetig ändert von $c_1, c_2 \dots$ bis c_n , bez. p sich unstetig ändert von $p_1, p_2 \dots$ bis p_n . Dem Gleichungssystem 2) entspricht dann das System:

$$l_1 = c_1 \log \text{nat} \frac{1}{1 - \frac{p_1}{\varepsilon h} u_1^2}$$

$$l_2 = c_2 \log \text{nat} \frac{1 - \frac{p_2}{\varepsilon h} u_1^2}{1 - \frac{p_2}{\varepsilon h} u_2^2}$$

$$l_n = c_n \log \text{nat} \frac{1 - \frac{p_n}{\varepsilon h} u_{n-1}^2}{1 - \frac{p_n}{\varepsilon h} u_n^2}$$

Durch eine Rechnung, die der obigen ganz analog ist und daher nicht ausführlich wiedergegeben werden soll, ergibt sich

$$\frac{p_n}{\varepsilon h} u_n^2 = \left[\frac{c_n}{c_n} \left(1 - e^{-\frac{l_n}{c_n}} \right) + \frac{c_{n-1}}{c_n} e^{-\frac{l_n}{c_n}} \left(1 - e^{-\frac{l_{n-1}}{c_{n-1}}} \right) \right.$$

$$+ \frac{c_{n-2}}{c_n} e^{-\left(\frac{l_{n-1}}{c_{n-1}} + \frac{l_n}{c_n} \right)} \left(1 - e^{-\frac{l_{n-2}}{c_{n-2}}} \right) + \dots$$

$$\left. + \frac{c_1}{c_n} e^{-\left(\frac{l_n}{c_n} + \dots + \frac{l_2}{c_2} \right)} \left(1 - e^{-\frac{l_1}{c_1}} \right) \right]$$

oder $\frac{\varepsilon h}{p_n} [-] = u_n^2$ oder nach der Schwedoffschen Grundannahme: $\frac{m \varepsilon h}{2 p_n} [-] = \frac{m}{2} u_n^2 = (h_0 - h) \varepsilon \lambda = c_n h [-]$ oder

$$h = \frac{h_0}{1 + \frac{c_n}{\lambda} [-]}$$

Der Klammerausdruck lässt sich schreiben, wenn man alle Teilstrecken von l gleich gross $= l'$ annimmt:

$$\begin{aligned} [] = & 1 - \frac{c_1}{c_n} e^{-l' \left(\frac{1}{c_1} + \dots + \frac{1}{c_n} \right)} - \frac{1}{c_n} \left\{ (c_n - c_{n-1}) e^{-\frac{l'}{c_n}} \right. \\ & + (c_{n-1} c_{n-2}) e^{-l' \left(\frac{1}{c_n} + \frac{1}{c_{n-1}} \right)} + \dots \\ & \left. + (c_2 - c_1) e^{-l' \left(\frac{1}{c_n} + \frac{1}{c_{n-1}} + \dots + \frac{1}{c_2} \right)} \right\} \end{aligned}$$

Lässt man l' immer kleiner werden, so kann man schreiben:

$$\begin{aligned} [] = & 1 - \frac{c_0}{c_n} e^{-l' \left(\frac{1}{c_n} + \dots + \frac{1}{c_0} \right)} - \frac{1}{c_n} \left\{ \left(\frac{dc}{dx} \right)_n e^{-\frac{l'}{c_n}} \right. \\ & \left. + \left(\frac{dc}{dx} \right)_{n-1} e^{-l' \left(\frac{1}{c_n} + \frac{1}{c_{n-1}} \right)} + \dots \right\} dx \end{aligned}$$

Unserer Annahme gemäss sei nun

$$c = a + bx, \quad \frac{dc}{dx} = b.$$

Es wird

$$[\] = 1 - \frac{a}{a+bl} e^{-l' \left(\frac{1}{c_n} + \dots + \frac{1}{c_0} - \frac{b}{a+bl} \right) e^{-\frac{l'}{c_n}}}$$

$$+ e^{-l' \left(\frac{1}{c_n} + \frac{1}{c_{n-1}} \right) + \dots} \left. \right\} dx$$

Ferner wird:

$$l' \left(\frac{1}{c_n} + \dots + \frac{1}{c_x} \right) = \int_x^l \frac{dx}{a+bx} = \left[\frac{1}{b} \log(a+bx) \right]_x^l = \frac{1}{b} \log \frac{a+bl}{a+bx}$$

Mithin

$$[\] = 1 - \frac{a}{a+bl} e^{\frac{1}{b} \log \frac{a}{a+bl} - \frac{b}{a+bl} \int_0^l e^{\frac{1}{b} \log \frac{a+bx}{a+bl}} dx}$$

$$= 1 - \left(\frac{a}{a+bl} \right)^{\frac{1}{b} + 1} - \frac{b}{a+bl} \int_0^l \left(\frac{a+bx}{a+bl} \right)^{\frac{1}{b}} dx$$

$$= 1 - \left(\frac{a}{a+bl} \right)^{1 + \frac{1}{b}} - \frac{b}{(a+bl) \left(1 + \frac{1}{b} \right)} \int_0^l (a+bx)^{\frac{1}{b}} dx$$

$$= 1 - \left(\frac{a}{a+bl} \right)^{1 + \frac{1}{b}} - \frac{b}{b+1} \left\{ 1 - \left(\frac{a}{a+bl} \right)^{1 + \frac{1}{b}} \right\}$$

$$= 1 + \left(\frac{a}{a+bl} \right)^{\frac{1}{b} + 1} \left(\frac{b}{b+1} - 1 \right) - \frac{b}{b+1}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1 - \frac{1}{1+b} \left(\frac{a}{a+bl} \right)^{1+\frac{1}{b}} - \frac{b}{b+1} \\
 &= \frac{1}{1+b} \left\{ 1 - \left(\frac{a}{a+bl} \right)^{1+\frac{1}{b}} \right\}
 \end{aligned}$$

Es wird

$$h = \frac{h_0}{1 + \frac{a+bl}{\lambda} \cdot \left\{ 1 - \frac{1}{1+b} \left(\frac{a}{a+bl} \right)^{1+\frac{1}{b}} \right\}}$$

Andererseits ist nach Schwedoff

$$h = \frac{h_0}{1 + \frac{c}{\lambda} \left(1 - e^{-\frac{l}{c'}} \right)}$$

Sollen beide gleich sein, so muss sein

$$c' \left(1 - e^{-\frac{l}{c'}} \right) = a + bl \left\{ 1 - \left(\frac{1}{1+b} \right) \frac{a}{a+bl} \right\}^{1+\frac{1}{b}}$$

Hieraus kann also bei bekannten Werten von l , c' , a der Wert von b und damit von $c_n = a + bl$ gefunden werden. (Ist, wie zu vermuten, b klein gegen 1 und l gross gegen c' , so wird, da stets $a < a + bl$, annähernd $b = \frac{c' - a}{l - c'}$)

Setzen wir

$$\begin{aligned}
 l &= 0,1 \text{ cm} \\
 c' &= 0,0080 \text{ cm} \\
 a &= 0,0040 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

so wird $b = 0,044$, also $c_n = c_{0,1} = 0,0084$ gegen $c'_{0,1} = 0,0080$ cm.

Es ergibt sich also der wahre Wert von c_n nach der strengen Herleitung zwar grösser als der Schwedoffsche Wert, aber doch nur um ein ganz geringes, etwa um 3⁰/₁₀.

$l=0,1$ cm war deshalb gewählt, weil nach Schwedoff ungefähr bis dahin die Werte von c annähernd gleichmässig wachsen und von da nur noch wenig zunehmen.

Wenn man annähme, dass diese lineare Zunahme noch über $l=0,1$ cm hinaus bis zu $l=1$ cm nach demselben Gesetz zunimmt, so würde man allerdings für $l=1$ cm zu einem Wert von c kommen, der ungefähr 4 mal grösser ist, als der Schwedoffsche Wert für $l=1$ cm, also zu Werten von c , die vielleicht eben die zur Geltung der Schwedoffschen Theorie im ungleichförmigen Felde erforderliche Grösse hätten.

Indessen kann man jedenfalls diese Annahme nicht machen; denn von $l=0,1$ an bleibt der von Schwedoff angegebene Wert konstant, oder wächst wenigstens von da an bis zu $l=1$ nur sehr viel langsamer als in dem Intervalle zwischen $l=0$ und $l=0,1$. Ungefähr muss dies nun aber jedenfalls auch der Gang der wahren Werte von c sein. Diese sind zwar stets grösser als die entsprechenden Werte von c , werden aber doch im ganzen dieselbe Art der Abhängigkeit von der Funkenlänge zeigen, also zuerst sehr schnelle, dann langsamere Zunahme der Funkenlänge.

Noch eine weitere Möglichkeit dafür, dass vielleicht doch die wahren Werte von c erheblich grösser sind als hier berechnet worden ist, scheint in folgendem Umstand sich zu bieten.

Nach der empirischen Formel von Schwedoff für c nähert sich c mit abnehmendem l immer mehr dem Wert Null, und zwar immer schneller, je näher l an Null kommt; es ist einleuchtend, dass bei so rapidem Anstieg der Schwedoffschen Werte von c bei kleiner Funkenlänge die wahren Werte von c noch grösser sein werden, als hier angegeben.

Indessen ist es zunächst unmöglich, dass c wirklich streng Null wird, da dies unendlich grosse Reibungskraft der Elektronen im Anfang der Bewegung bedeuten würde, d. h. die Elektronen könnten sich überhaupt nicht in Bewegung setzen und die Funkenfeldstärke würde also für jede beliebige Funkenlänge den Wert h_0 haben müssen. Nimmt man für $l=0$ c zwar nicht direkt Null, aber enorm klein an, so würde c im Verlauf der Bewegung innerhalb ungeheuer verschiedener Grössen sich ändern; wie mir scheint, geriete dann die ganze Schwedoffsche Hypothese ins Ungewisse und Willkürliche. Eine nicht gar zu grosse Schwankung des Koeffizienten der Gegenkraft wird man doch wohl fordern müssen. Für ganz kleine Werte von l wird ausserdem die Berechnung von c sehr unsicher, weil dann

$$h = \frac{h_0}{1 + \frac{c}{\lambda} \left(1 - c \frac{l}{e} \right)}$$

von c kaum noch abhängig ist, also Versuchsfehler bei der Bestimmung von h , wie sie bei so kleinen Funkenlängen ja ganz besonders zu erwarten sind, den Wert von c sehr fälschen können. Immerhin scheint aus den Zahlen von Earhart hervorzugehen, dass für sehr kleine Werte von l , etwa von $l = 8 \mu$ an $c = 40 \mu$ oder auch $c = 60 \mu$ die Beobachtungen am besten wiedergeben, jedenfalls aber nicht kleinere Werte von c .

Sind so die Werte von h für kleine Werte von l zur Berechnung von c untauglich, so sind sie besonders geeignet zur Berechnung der Konstanten λ . Ist l klein gegen c , so wird

$$h = \frac{h_0}{1 + \frac{l}{\lambda}}$$

Man erhält also den Wert von λ , ohne den Wert von c nötig zu haben oder überhaupt eine Voraussetzung über das

Gesetz der Reibungskraft annehmen zu müssen. Es liegt dies daran, dass für so kleine Werte von l die Wirkung der Gegenkraft überhaupt noch nicht zur Geltung kommt, und die Geschwindigkeit des Elektrons so berechnet werden kann, als ob es nur unter Einwirkung der Kraft $h\varepsilon$ stände. Nach Durchlaufen der Strecke l ist dann seine kinetische Energie $\frac{1}{2} m u^2 = h\varepsilon l$.

Nach Schwedoff ist für den Funkenübergang:

$$\frac{1}{2} m u^2 = (h_0 - h) \varepsilon l, \text{ also } (h_0 - h) \varepsilon l = h\varepsilon l \text{ oder}$$

$$h = \frac{h_0}{1 + \frac{l}{\lambda}}$$

Die so berechneten Werte von λ stimmen sehr gut mit dem von Schwedoff angegebenen Wert; es findet sich etwa $\lambda = 2,3 \mu$.

Schliesslich könnte noch folgendes angeführt werden. Es ist hier bei der Berechnung des Entladungspotentials im inhomogenen Feld stillschweigend c als Konstante betrachtet. Nur unter dieser Annahme gilt die Formel

$$h_n = \frac{h_0}{1 + \frac{1}{\lambda} \int_0^l \frac{h}{h_n} e^{-\frac{l-x}{c}} dx}$$

Für c haben wir dann aber die Schwedoffschen bezw. die korrigierten Werte in dieser nur für konstantes c abgeleitete Formel eingesetzt. Streng genommen hätte wieder die Integration der Bewegungsgleichung für inhomogene Felder unter Annahme eines mit l veränderlichen c durchgeführt werden müssen.

Durch den früheren im Prinzip ganz ähnlich geführte Rechnungen lässt sich zeigen, dass die Grösse h_n bei

inhomogenen Feldern fast gleich gross ist, ob man nun die Veränderlichkeit von c berücksichtigt oder nicht.

Als Resultat der vorstehenden Rechnungen ergibt sich also, dass die Schwedoffsche ballistische Theorie der Funkenentladung in inhomogenen Feldern nicht mit den experimentell ermittelten übereinstimmende, sondern beträchtlich kleinere Funkenpotentiale liefert.

Man wird daraus schliessen müssen, dass die Bestätigung der Theorie für homogene Felder nur ein Zufall ist, und dass also auch die Grundannahmen, die Schwedoff von dem Wesen der Funkenentladung macht, wenigstens in der vorliegenden Form nicht gültig sein können.

(Erwähnt sei, dass ein Versuch, die gegenwirkende Reibungskraft als proportional der ersten Potenz der Geschwindigkeit anzusetzen, ebenfalls keine bessere Uebereinstimmung ergab. Auch bei dieser Annahme muss für homogene Felder der Reibungskoeffizient als stark abhängig von der Funkenlänge angenommen werden, und ferner ergeben sich für inhomogene Felder ganz andere Entladungspotentiale als die Messung liefert.)

Immerhin ist es vielleicht nicht ganz überflüssig, zu versuchen, ob sich vielleicht die Schwedoffsche Theorie, die ja qualitativ unleugbar die Tatsachen wiedergibt, noch durch anderweitige Ueberlegungen, wenn auch etwas modifiziert, stützen lässt. In der Tat scheinen einige Erscheinungen dafür zu sprechen. Ich gebe diese Rechnungen jedoch nur unter allem Vorbehalt, mehr um darauf hinzuweisen, als weil ich glaubte, dass damit die volle wahre Erklärung der Tatsachen gegeben sei. Ich neige selbst viel mehr den von J. J. Thomson und J. Stark aufgestellten Erklärungsprinzipien der Funkenentladung zu. Es könnte sehr wohl sein, dass die in folgenden gegebenen Tatsachen rein zufällige Uebereinstimmungen sind, denen gar kein Wert beizulegen ist. Das Ganze soll nur

Minimalspannung in 10^4 Volt

5

4

3

2

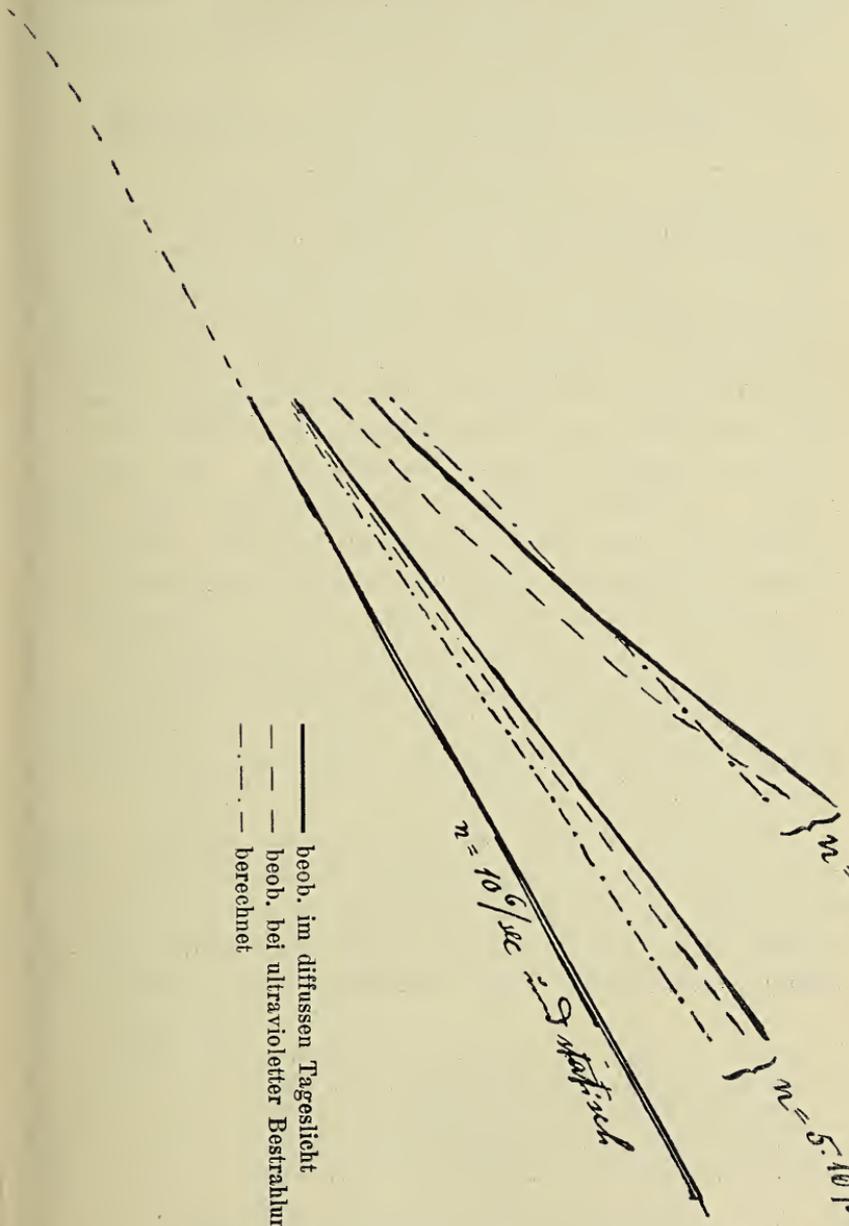
1

- beob. im diffusen Tageslicht
- - - beob. bei ultravioletter Bestrahlung
- . - . berechnet

$n = 10^6 / \text{sec}$

$n = 5 \cdot 10^6 / \text{sec}$

$n = 10^6 / \text{sec}$ *2. Auftrieb*



ein Versuch sein, zu sehen, ob vielleicht die Schwedoff'schen Grundgedanken doch einige Berechtigung haben könnten.

Es sei auf zweierlei hingewiesen.

1. Das Funkenpotential bei schnellen Schwingungen.

Es seien von den Schwedoff'schen Annahme zwei fallen gelassen, nämlich erstens die Annahme, dass die Ionisation durch die vereinigte Wirkung von lebendiger Kraft des Ions und der Feldstärke erfolge und ferner die Annahme einer Reibungskraft. Dagegen sei die Annahme einer beträchtlichen Weglänge beibehalten. Zur Bestimmung der Grösse dieser Weglänge seien die Versuche über Funkenentladung zwischen parallelen Platten herangezogen. Aus den Versuchen von Baille,¹⁾ Liebig²⁾ und Freyberg,³⁾ sowie durch Extrapolation aus den Versuchen von Voigt,⁴⁾ Voege,⁵⁾ M. Toepler,⁶⁾ Algermissen⁷⁾ über die Funkenpotentiale bei Kugeln von grossem Durchmesser ergibt sich, dass von einem Plattenabstand von ca. 0,5 cm an die Funkenentladung stets, bei beliebig grosser Funkenlänge, bei derselben Feldstärke erfolgt. Ihr absoluter Wert lässt sich bei der mangelnden Uebereinstimmung der Messungen nicht ganz genau angeben. Er liegt jedenfalls in der Nähe von 100 C. G. S.

Wir wollen dies so deuten, dass diese kritische Länge von ungefähr $\frac{1}{2}$ cm die Weglänge eines Ions ist. Nach Durchlaufen dieser Strecke in dem elektrischen Feld von der Stärke 100 C. G. S. pro cm hat dann das Ion die zur Ionisierung erforderliche Geschwindigkeit erlangt. Da es frei

1) J. B. Baille, Ann. de chim. es phys. **25**. p. 486. 1882.

2) G. A. Liebig, Phil. Mag. **24**. p. 106. 1887.

3) J. Freyberg, Wied. Ann. **38**. p. 231. 1889.

4) E. Voigt, Ann. d. Phys. **12**. p. 403. 1906.

5) W. Voege, Ann. d. Phys. **14**. p. 567. 1904.

6) M. Toepler, Ann. d. Phys. **19**. p. 191. 1906.

7) J. Algermissen, Ann. d. Phys. **19**. p. 1007. 1906.

die Strecke von 0,5 cm durchläuft, so ist es dabei von einer Stelle mit dem Potential V zu einer Stelle von Potential $V=50$ gelangt.

Allerdings ist so nur eine Erklärung für das Verhalten des Funkenpotentials zwischen ebenen Platten für Schlagweiten über 5 mm Länge gegeben.

Zur Erklärung für das Verhalten des Funkenpotentials bei kleineren Funkenlängen müssten wieder neue Hilfs-hypothesen herangezogen werden.

Quantitative Messungen über das Funkenpotential bei schnellen Schwingungen sind von J. Algermissen¹⁾ angestellt worden. Es hat sich dabei ergeben, dass das Funkenpotential bei einer Wechselzahl von $10^6/sec$ noch wenig abweicht von demjenigen bei statischer Ladung, dass hingegen bei Wechselzahlen, die wesentlich höher sind als $10^6/sec$, das Funkenpotential für schnelle Schwingungen erheblich grösser ist, als dasjenige, welches für statische Ladung gilt.

Indem wir uns wieder auf Funkenstrecken von über 5 mm Länge beschränken, können wir diese Resultate von Algermissen nach unserer Hypothese so deuten, dass das Ion bei den schnellen Schwingungen, also zeitlich veränderlichen Potentialen, nach Durchlaufen der Wegelänge von 5 mm noch nicht eine so grosse Geschwindigkeit erlangt hat, wie es bekommen hätte, wenn das Potential, also auch die Feldstärke, während der ganzen Zeit seiner Bewegung den zur Anfangszeit gültigen Maximalwert behalten hätte, da bei sehr schnellen Schwingungen vorher schon die Wirkung der rücktreibenden Phase einsetzt.

Soll es doch nach Durchlaufen des Weges von 5,5 mm dieselbe Geschwindigkeit erlangen, die es bekommen würde, wenn es bei statischer Ladung seinen Weg durchheilt hat, so muss das Maximalpotential bei den Schwingungen grösser

1) J. Algermissen, Ann. d. Phys. 19. p. 1007. 1906.

sein als das Potential bei statischer Ladung, wie es Algermissen gefunden hat. Diese Ueberlegung gibt nun aber auch quantitativ leidliche Uebereinstimmung mit den Versuchen von Algermissen.

Bei diesen Versuchen war das Potential der isolierten Elektrode gegeben durch $V = V_0 \cos pt$. Es seien Platten-
elektroden angenommen, d sei die Funkenlänge, e die Ladung,
 m die Masse des Ions. Es ist dann

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = e \frac{V_0}{d} \cos pt, \text{ oder wenn } \frac{e V_0}{m d} = B_0 \text{ ist,}$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = B_0 \cos pt; \text{ hieraus, da für } t = 0 \text{ auch } \frac{dx}{dt} = 0:$$

1) $\frac{dx}{dt} = \frac{B_0}{p} \sin pt$, und ferner, da für $t = 0$ auch $x = 0$ ist:

2) $x = \frac{B_0}{p^2} (1 - \cos pt)$

Aus 1) und 2) folgt $\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 = 2 B_0 x - p^2 x^2$

Für x gleich der Weglänge λ ($\cong 5,0$ mm) muss $\left(\frac{dx}{dt}\right)^2$
einen bestimmten kritischen Wert M haben, wenn die
Funkenentladung einsetzen soll, d. h.

3) $2 B_0 \lambda - p^2 \lambda^2 = M.$

Andererseits gilt für statische Ladung unter leicht ver-
ständlicher Bezeichnung $\frac{d^2 x}{dt^2} = B_{stat}$ und $\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 = 2 B_{stat} x.$

Für die Funkenentladung muss wieder sein 4) $2 B_{stat} \lambda = M,$
wo M denselben Wert hat wie in 3). Gleichsetzung von 3)
und 4) liefert für B_0 :

5) $B_0 = B_{stat} + \frac{p^2}{2} \lambda$ oder

6) $V_0 = V_{stat} + \frac{p^2}{2} \lambda \frac{m}{e} \cdot d$

Ist n die Schwingungszahl in der Sekunde, so ist $p = 2\pi n$. Es wird

$$7) \dots \dots V_0 = V_{stat} + 2\pi^2 n^2 \lambda \frac{m}{e} d$$

Annähernd ist also ($\pi^2 \cong 10$):

$$V_0 = V_{stat} + 20 n^2 \frac{m}{e} d \lambda$$

Hierin setzen wir nach unserer Annahme $\lambda = 0,5$ cm; ferner sei, indem wir für $\frac{e}{m}$ die aus der Elektrolyse folgenden Werte benutzen, indem wir also als Ionen einfache Atomionen annehmen, gesetzt $\frac{m}{e} = 55 \cdot 10^{-15}$ im el. stat. Masssystem C. G. S. (Der Wert für O oder N)

Es wird

$$8) \dots \dots V_0 = V_{stat} + 550 \cdot 10^{-15} n^2 \cdot d$$

Durch diese Gleichung ist also das Funkenpotential V_0 für schnelle Schwingungen von der Schwingungszahl $\frac{n}{sec}$ für die Funkenlänge d gegeben, wenn das Funkenpotential V_{stat} für dieselbe Funkenlänge d bei statischer Ladung bekannt ist.

Diese Beziehung 8) werde nun an den Resultaten von Algermissen geprüft.

Da sie streng nur für homogene Felder gilt, so ist sie nur zu vergleichen mit den an Kugeln von 2,5 cm ausgeführten Messungen.

Hier besteht nun eine leidliche Uebereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung. Zunächst sieht man, dass für Schwingungen bis zu $n = 10^6/sec$ V_0 von V_{stat} nicht merklich verschieden ist, d. h. das Entladungspotential für schnelle Schwingungen nicht merklich verschieden ist von demjenigen für statische Ladung. Für $n = 10^6/sec$ und $d = 1$ wird

$V_0 - V_{stat} = 0,55$ el. stat. C. G. S. = 165 Volt. Dieser Unterschied der beiden Spannungen ist also nur unbedeutend gegenüber dem Wert von V_{stat} selbst, der ca. $V_{stat} = 31800$ Volt beträgt, also wenig über $\frac{1}{2}\%$, mithin kaum messbar. In der Tat hat nun aber Algermissen festgestellt, dass sich bis zu einer Schwingungszahl von $n = 10^6/sec$ das statische Entladungspotential nicht von demjenigen für Schwingungen unterscheidet.

Für Schwingungen, die schneller sind als $10^6/sec$ wächst nun aber nach 8) die Differenz $V_0 - V_{stat}$ sehr schnell mit zunehmender Frequenz auf merkbare Werte, ganz wie es nach den Beobachtungen von Algermissen tatsächlich der Fall ist. Die numerische Uebereinstimmung ist in Anbetracht der Schwierigkeit der Messungen wohl befriedigend.

In Fig. 2 sind die Entladungspotentiale nach den Beobachtungen von Algermissen und die aus der Berechnung nach 8) sich ergebenden eingetragen. Selbstverständlich beginnt der Gültigkeitsbereich der Formel 8) erst bei 0,5 mm Funkenlänge.

Mit wachsender Schwingungszahl n müsste $V_0 - V'$ sehr schnell steigen.

Das Prinzip der gegebenen Erklärung würde natürlich auch gelten, wenn man mit J. J. Thomson und J. Stark auch Ionenstoss, aber nur sehr kleine freie Weglängen annimmt.

2. Das Funkenpotential bei übergroßen Funkenstrecken.

Eine zweite Bestätigung der Hypothese, dass die Funkenentladung (für Funkenstrecken über 5 mm) immer dann einsetzt, wenn die Potentialdifferenz zwischen zwei Punkten der Funkenstrecke, deren Abstand ca. 5 mm beträgt, auf ca. 16000 Volt gestiegen ist, scheint mir aus den Ergeb-

nissen von ganz neuerdings von Herrn C. Müller¹⁾ veröffentlichte Messungen über das Funkenpotential zu folgen. Nach diesen Versuchen nähert sich nämlich das Funkenpotential zwischen kugelförmigen Elektroden mit steigender Funkenlänge asymptotisch einem Grenzwert, der um so grösser ist, je grösser der Radius der Kugeln ist. Die Versuche sind gemacht an Kugeln von 1 cm und 2,5 cm Radius. Für Kugeln von 0,25 cm Radius hat bereits Heydweiller²⁾ ein derartiges Verhalten nachgewiesen. Zunächst folgt dieses Verhalten qualitativ aus der aufgestellten Hypothese. Je grösser nämlich die Entfernung der beiden Kugeln von einander ist, um so weniger wird der Verlauf der Kraftlinien um die eine Kugel von der Anwesenheit der anderen modifiziert, er nähert sich immer denjenigen einer einzigen geladenen Kugel.

Die Entladung setzt dann ein, sobald die Potentialdifferenz zwischen der Kugeloberfläche und einem um $b = 5$ mm davon nach aussen entfernten Punkt den Wert $B = 16\,000$ Volt erreicht hat. Bei Einsetzung dieser Werte erhält man nun aber mit hinreichender Genauigkeit die von Heydweiller und Müller experimentell gefundenen Funkenpotentiale.

Ist nämlich die Abstand der beiden Kugeln von einander so gross geworden, dass man das Potential um die isolierte Kugel herum so berechnen kann, als wäre sie allein vorhanden, so ist, wenn e die Ladung der Kugel ist, die Entladungsbedingung gegeben durch

$$\frac{e}{r} - \frac{e}{r+b} = B, \text{ oder } \frac{e}{r} = B \frac{r+b}{b}. \quad B \frac{r+b}{r} = V_0$$

ist also das Entladungspotential.

1) C. Müller, Inaug. Diss. Berlin 1908.

2) Heydweiller.

Mit den angegebenen Werten, $B = 16\,000$ Volt, $b = 5$ mm
gibt dies

Berechnet	Gefunden
$r = 0,25$ cm $V_0 = 24\,000$ Volt	25 000 Volt nach Heydweiller
$r = 1$ cm $V_0 = 48\,000$ Volt	52 000 Volt nach Müller
$r = 2,5$ cm $V_0 = 96\,000$ Volt	ca. 100 000 Volt nach Müller

Die Uebereinstimmung ist so gut, als man es wohl bei der Schwierigkeit der Messungen und der nicht völligen Sicherheit der Werte von B und b verlangen kann.

Nachtrag bei der Korrektur:

Inzwischen hat M. Toepler¹⁾, wahrscheinlich gemacht, dass die von Müller erhaltenen Werte der Funkenpotentiale keine allgemeine Gültigkeit haben, sondern nur den ganz speziellen Versuchsbedingungen angehören, die bei den Versuchen von C. Müller vorlagen. Es würde hiermit natürlich auch die hier angestellte Überlegung hinfällig werden.

1) M. Toepler, Ann. d. Phys. **29**, 153. 1909.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der
gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

№ 4

Mai

1909

In der Sitzung vom 12. Mai hielt Herr Vogt (als Gast) den Vortrag:

Ueber rückschreitende Veränderungen von Kernen und Zellen junger Entwicklungsstadien von Triton cristatus.

(Vorläufige Mitteilung.)

Es handelt sich bei der gegenwärtigen Mitteilung um Zelldenerationen in jungen Embryonen des einheimischen Kammolches, und zwar um die Erscheinungen des Zerfalls und der darauf folgenden Auflösung von Plasma und Kern an zahlreichen Zellen eines in den Einzelstadien meist wohl begrenzten Zellbezirkes. Der Befund ist, soweit Literatur zugänglich war, für diese Entwicklungsstadien bisher kaum erwähnt, und ich darf daher auf eine Besprechung der nur auf Einzelfragen bezüglichen Arbeiten an dieser Stelle verzichten.

Da im allgemeinen die von den rückschreitenden Veränderungen ergriffenen Zellen geschlossene Bezirke bilden, die im Verlauf der Ontogenese ganz bestimmte Entwicklungsphasen durchmachen, so will ich den Einzelbeobachtungen über die Vorgänge beim Zerfall eine Uebersicht voraus-

schicken über die örtliche und zeitliche Anordnung der degenerierenden Zellen in den einzelnen Entwicklungszuständen.

I.

Das Stadium, welches dem ersten Auftreten von Degenerationen unmittelbar vorausgeht, ist die fertig ausgebildete Blastula. Sie ist das Produkt der ersten Entwicklungsperiode des Eies, welche lediglich in einer Zerkleinerung des vorhandenen Materials besteht, durch fortgesetzte Zellteilungen ohne Wachstum. — Im Gegensatz zu anderen Beobachtungen wird nach unseren Schnittserien stets das ganze Ei-Material in Zellen zerlegt, wie das bei einem Holo-blastier zu erwarten ist, niemals entstehen „ungefurchte“ kernlose Stücke des Dotters neben den Dotterzellen. — Die Blastula stellt einen kugligen Haufen von Zellen sehr verschiedener Grösse dar, der im Innern die excentrisch nach oben gelegene Furchungshöhle enthält; um diese sind die Zellen in bekannter Weise angeordnet: Die grösseren mit Dotterplättchen überladenen Zellen bilden die untere Halbkugel, auf der die Furchungshöhle mit ihrem kleinzelligen Dach als obere Halbkugel aufliegt. Und zwar erhebt sich auf dem Rande der unteren, der Dotter-Halbkugel, also im Aequator des Eies zunächst ein breiter Ring aus mehreren Lagen mittelgrosser Zellen, der sich erst allmählich nach oben verjüngt in das kleinzellige, dünne, im Mittelstück sogar einreihige Dach der Furchungshöhle. Es ist somit die Furchungshöhle begrenzt seitlich von dem erwähnten prismatischen Ring mittelgrosser Zellen, der „Uebergangszone“, aus welcher der Urmund entsteht, oben von dem bereits vor der Urdarmbildung sehr dünnen kleinzelligen Dach, einem Teil des späteren Ectoderms, unten von Dotterzellen; — und diese innersten Lagen des Dotterzellenkomplexes, die den Boden der Furchungshöhle bilden, sind der Entstehungsort der ersten Zelldegenerationen. Vorläufig, also ehe die Urdarm-

bildung begonnen hat, sind an ihnen kaum irgend welche Anzeichen der kommenden Degeneration zu beobachten; das, was sie allerdings bereits wesentlich vor den anderen Zellen auszeichnet, ist eine starke Auflockerung ihres ganzen Bezirks; während die Randschichten des Dotterzellenkomplexes fest zusammengefügt sind, ähnlich wie die epithelartig geschlossenen Reihen der Uebergangszone und des Daches, lassen die mittleren Dotterzellen bereits grössere Inter-cellularen zwischen ihren Berührungsstellen, und jene innersten Lagen sind so weit gelockert, dass die einzelnen Zellen sich überhaupt nicht mehr berühren, sondern frei, kuglig abgerundet im unteren Teil der Furchungshöhle liegen, eine Lagerungsweise, die später, nach beendeter Urdarmbildung, nur noch degenerierenden Zellen zukommt. Ausserdem sind an den Rändern und in den Inter-cellularen dieser lockeren Zellen auffällig besonders reichliche Niederschläge aus der Füllflüssigkeit, in Form feiner Fäden und Körner von schwacher chromatischer Färbbarkeit. Deutlichere Vorbereitungserscheinungen waren nicht nachweisbar.

Die auf das Blastulastadium unmittelbar folgende Entwicklungsperiode, die Urdarmbildung, geht Hand in Hand mit einer umfangreichen Degeneration des beschriebenen Bezirks; an der Stelle, an der in der Blastula die lockeren Dotterzellen isoliert, aber mit durchaus normalem Kern und Plasma lagen, finden sich in sämtlichen Serien mit begonnener Urdarmbildung (Fig. 1) zahlreiche verkleinerte Zellen mit allen nachher zu erwähnenden Zeichen des Zerfalls; und zwar setzt die Degeneration offenbar plötzlich ein und ziemlich regelmässig genau mit dem Beginn der Urdarmbildung. Es zeigt selten der ganze Boden der Furchungshöhle die degenerierenden Zellen, manchmal ist ausschliesslich, stets wenigstens in höherem Grade der Teil dieser Schicht betroffen, der dem Urdarm zunächst liegt. Die Lagebeziehung der veränderten zu den normalen Dotterzellen ist verschieden: sie liegen entweder zwischen normalen derselben

lockeren Schicht verstreut, oder sie sind deutlich aus dem allgemeinen Dotterverband ausgeschieden, indem sich dieser durch eine dicht geschlossene Zellreihe gegen sie abgrenzt; sie schwimmen dann also frei in der deutlich begrenzten Furchungshöhle und können so von der Füllflüssigkeit in die der Furchungshöhle benachbarten Intercellularen sekundär verlagert werden.

Im ganzen bleibt der plötzlich veränderte Bezirk vom Beginn der Urdarmbildung bis zum Verschwinden der Furchungshöhle ziemlich gleichförmig bestehen; er nimmt, wenn überhaupt, nur wenig an Umfang zu, doch folgt er natürlich den bedeutenden Verschiebungen im Embryo, die das allmähliche Vordringen des Urdarms mit sich bringt. Ein Vergleich von Fig. 1 und Fig. 2 zeigt, in welcher Weise das Degenerationsgebiet verlagert wird: der Urdarmzipfel schiebt sich dicht unter dem dorsalen Ectoderm entlang kranialwärts und verdrängt, indem er sich aufweitet, die Furchungshöhle; dadurch werden die lockeren Zelllagen des Bodens ventralwärts, allmählich fast bis an den Blastoporus herangeschoben und die bisher verstreut gelegenen degenerierenden Zellen zu einer dichteren Schicht zusammengedrängt, zum Teil wohl auch zwischen die normalen Dotterzellen spec. zwischen die den Kopfdarm begrenzenden Entodermzellen verlagert.

Im Anschluss an diese Vorgänge, also etwa von der ersten Anlegung der Medullarwülste an, wird die Anordnung der Degenerationen unregelmässiger; in einigen Serien sind nur noch Reste einer der bisherigen Darstellung entsprechenden früheren Degeneration zu finden; in anderen behält der Bezirk seinen alten Umfang bei, in den meisten nimmt er bedeutend an Umfang zu; ausserdem kommen in einigen neue Degenerationsbezirke zu stande von bisher noch wenig erkannter Entwicklungsweise. Ziemlich allgemein, aber eben unregelmässig, ist bis auf weiteres mit Degenerationen durch-

setzt: einmal der Dotterabschnitt, der ventral zwischen Kopfdarmzipfel und Blastoporus liegt, und zwar so, dass am vollständigsten und am häufigsten degeneriert die Partie, die dem Ectoderm der Bauchseite unmittelbar oder nur durch Mesoderm getrennt anliegt; erst bei umfangreichen Degenerationen sind die Dotterzellen der Mitte oder noch weiter dorsalwärts mit ergriffen; und 2. die Zellschichten, die den Kopfdarm umschliessen, in der Weise, dass häufig selbst die den Darm auskleidenden Entodermzellen angegriffen sind (in letzterem Falle sind selten zusammenhängende Stücke der Darmwand in Degeneration, meist liegen dann nur verstreute degenerierende Zellen zwischen normalen Entodermzellen.) Diese beiden Parteen gehen natürlich in einander über, wenn sie sich gleichzeitig in Degeneration befinden; sie werden hier nur getrennt, weil sie ab und zu auch einzeln betroffen sind oder sehr häufig ein Teil mehr als der andere. Die kranialen Degenerationen umgreifen den Kopfdarm, sodass oft (namentlich in den späteren Stadien des Kopfdarmdivertikels) das Dach desselben — also die unter der Hirnanlage liegende Schicht von Dotterentoblastzellen beteiligt ist.

Diese Lokalisierung der Degenerationen gilt bis in späte Stadien, zum Teil noch für Embryonen, die bereits gestreckt und nicht weit vom Ausschlüpfen sind. Es liegt also, soweit dem Dotterzellenkomplex zugehörige Elemente von der Degeneration betroffen sind, ein ziemlich einheitliches Prinzip in ihrer Anordnung, denn die beiden beschriebenen Stellen späterer Stadien entsprechen durchaus den ersten Anfängen.

Doch kommen, wie schon angedeutet, neben dieser häufigsten Anordnung in wenigen Serien höchst seltsam gelegene oft sehr bedeutende Degenerationsbezirke vor, so besonders asymmetrische Herde im Dotter: z. B. ist etwa eine ganze Seite des Dotterzellkomplexes erfüllt von zerstreuten Degenerationen, während die andere völlig frei ist; bei solchen können die Degenerationen auch, offenbar sekundär, auf

Nachbargebiete übergreifen, z. B. auf das anliegende Mesoderm, sodass der Gedanke an pathologische Vorgänge nicht fern liegt.

Sicherlich normalerweise finden sich Degenerationen bei der Bildung der Hirnanlage und seiner zugehörigen Teile (Augenblase) und zwar vielfach im Lumen abgefalteter Organe: so im Lumen der Hirnanlage selbst, des Medullarrohres und der Augenblase.

Die ganze Medullaranlage ist ein bevorzugter Ort für Degenerationen, die aber sehr wechseln, oft umfangreich, oft ganz fehlend, manchmal asymmetrisch, ab und zu auch nur einen umschriebenen Zerfallsherd bildend.

Sehr eigenartig, aber in späteren Stadien nicht selten, ist die Lokalisierung degenerierender Zellen im Inneren des Darmlumens und zwar spez. des Kopfdarms, hervorgerufen offenbar durch Ausstossung degenerierender Zellen, die zwischen oder dicht unter der Darmauskleidenden Zellschicht gelegen haben.

Ich habe diese noch nicht ganz übersehbarer Degenerationen späterer Stadien der Vollständigkeit halber mit angeführt, um den ungefähren weiteren Verlauf der degenerativen Vorgänge bei der Entwicklung von *Tr. crist.* zu zeigen; das Ende der Vorgänge ist nicht abzusehen: die Degenerationen des Dotterkomplexes gehen offenbar direkt über in die umfangreichen Zerfallsvorgänge bei der Umbildung des Dotterdarmes zum epithelialen Darm der ausgeschlüpften Larve.

II.

Die Veränderungen, welche die in ihrer Anordnung beschriebenen Zellen als degenerierende kennzeichnen, spielen sich an Kern und Plasma ab; die am Kern sind kompliziert, aber ganz unzweifelhaft rückschreitend, die des Plasma sind einfacher, würden aber ohne die Kernveränderungen nicht ohne weiteres als degenerativ erkennbar sein. Ich beginne daher mit den entscheidenden Veränderungen am Kern.

Man unterscheidet im allgemeinen nach den vorliegenden pathologisch-anatomischen Arbeiten zwei Formen des Kernuntergangs, die sehr allgemein verbreitete Karyolyse und die seltenere Karyorrhesis (nach Klebs und späteren Aut.), beides Benennungen, die sich auf das Verhalten der chromatischen Substanzen bei dem Kernuntergang beziehen sollen. Karyolyse bezeichnet ein „Auflösen und Auslaugen“ des Chromatins, welches sich mikroskopisch zunächst in einer Diffusfärbung, dann in allmählichem Ablassen bis zu völligem Verlust der Färbbarkeit zu erkennen gibt. Karyorrhesis bezeichnet eigentümliche Umlagerungen der chromatischen Substanz bei erhaltener Färbbarkeit, die zu Verklumpung, Sprossungen und Zersplitterungen der betreffenden Kerne führen. Von Schmaus wurde dann nachgewiesen, dass es sich nicht um zwei scharf geschiedene Formen des Untergangs handelt, sondern dass diese beiden Vorgänge stets gleichzeitig bei der Kernzerstörung beteiligt sind, dass aber gewöhnlich der erstere den zweiten verdeckt, indem es durch umgebende Körperflüssigkeiten bereits zu einer Auslaugung der Chromatine kommt, ehe noch die Abbauvorgänge im Kern einsetzen, die natürlich nur bei erhaltenem Chromatin färberisch nachweisbar sind.

Hiernach hätte man es bei den vorliegenden Degenerationen bei *Tr. crist.* um den seltenen Fall einer fast reinen Karyorrhesis zu tun, denn das, was die hier degenerierenden Kerne auszeichnet, sind weitgehende Chromatinumlagerungen mit folgendem völligem Zerfall des Kerns, ohne ein nachweisbares Schwinden der Färbbarkeit. Nach Schmaus's Ueberlegungen wären dies bei dem vorliegenden Objekt durchaus verständlich, da man in jungen Embryonen von Holoblastiern keine bedeutenden Flüssigkeitsströmungen annehmen wird, die etwa eine auslaugende Wirkung auf tote Zellen ausüben könnten; zudem ist der Kern hier bei der Grösse der Dotterzellen durch den dicken Plasmamantel noch besonders geschützt.

Die angedeuteten Umlagerungen der chromatischen Substanzen drücken sich darin aus, dass die mit Boraxkarmin rot tingierten Massen nicht wie bei den normalen Kernen in feinkörnigen Fäden angeordnet sind, sondern in Form homogener Tropfen; in den normalen im Ruhezustand (Fig. 3) stellt das Chromatin in zahllosen feinen Körnern den Kontur eines feinmaschigen Netz- oder Fadenwerkes dar — bei den degenerierenden (Fig. 4—6) liegt es in einzelnen grösseren Tropfen oder Ballen, die den übrigen Bezirk innerhalb des Kernkontur als völlig ungefärbte Zwischensubstanz freilassen. Als Tropfen sind sie dadurch gekennzeichnet, dass sie der Kernwand anliegend sich halbmondförmig dicht an deren Kontur anschliessen, während sie frei liegend stets exakt kuglig geformt sind mit den typischen Lichtbrechungserscheinungen eines homogenen Tropfens.

Es ergibt sich nun je nach Zahl, Grösse, Anordnungsweise der Tropfen, nach dem Vorhandensein oder Fehlen der Kernwand, nach den Lagebeziehungen zu den Zellen u. a. eine so überwältigende Mannigfaltigkeit der Kernbilder, dass man nur durch grobe Schematisierung eine kurze Uebersicht über die einzelnen Formen, insbesondere auch über die Stadien einer einzelnen Zerfallsreihe gewinnen kann. Als Haupttypen lassen sich unterscheiden und offenbar auch von einander ableiten:

1. (Fig. 4.) Kerne mit deutlichem Kontur und darin sehr zahlreichen kleineren und grösseren Tröpfchen, die selten noch durch Reste normaler chromatischer Strukturen verbunden sind; die Tröpfchen haben zum grösseren Teil keine Beziehung zur Kernwand, sondern liegen anscheinend frei im Innern, wohl an die Reste eines achromatischen Gerüsts angelehnt; sie stehen den normalen Dotterzellkernen am nächsten und stellen offenbar Anfangsstadien dar, kommen aber nur in Dotterzelldegenerationen vor;

2. (Fig. 5) weitaus die häufigste Form: deutliche Kernwand mit wenigen, oft nur einem grösseren Tropfen, die meist

dem Kontur dicht anliegen, ab und zu auch noch kleinste Tröpfchen verstreut im Innern; zu diesen Tröpfchenringen gehören die Mehrzahl der in Hirn und Medullaranlage degenerierenden Kerne, welche fast stets als zwei einander gegenüberliegende, halbmondförmige Tröpfchen erscheinen; (niemals kommen in Hirn- und Medullaranlage Kerne vom 1. Typus vor, sondern immer nur Typus 2 und 4, was sich wohl daraus erklärt, dass ein normaler Kern der Hirnanlage sehr kompakt und nicht gross ist, sodass die Chromatinkörnchen aufs dichteste beiander liegen; daher entstehen beim Zusammenfliessen mit Uebergang der komplizierten Figuren vom Typus 1 sehr bald wenige grössere Tropfen, also besonders eben die beschriebene Form von Fig. 5 c.)

3. ein sehr verbreitetes Stadium (Fig. 6) zeigt Kernreste, die aber noch innerhalb der Zellen liegen, entweder noch nahe beieinander aber ohne vereinigenden Kernkontur, oder verstreut in der Zelle; es lassen sich hier leicht alle Stadien von einem eben platzenden bis zum völlig zersprengten Kern finden; eine besonders häufige Form, die hierher gehört stellen die einzelnen grossen Tropfen dar, die als einziger Rest in der zugehörigen Zelle liegen (Fig. 6 b);

4. als Endstadien kommen dann besonders in älteren Embryonen vor Kernreste, also besonders wieder die vereinzelt grossen Tropfen, die nicht mehr in Zellen, sondern isoliert liegen in Intercellularen, in Körperhöhlen oder selten auch in normale Zellen eingelagert. Erst bei diesen letzteren, Stadien wird eine Änderung der Färbbarkeit nachweisbar, die sich darin ausdrückt, dass ausser der Kernfarbe auch Plasmafarbe aufgenommen wird; es entstehen dann eigentümliche dunkle Mischfarben, z. B. bei Anwendung von Hämatoxylin und Eosin ein tiefes Braun.

Das Prinzip dieser Zerfallsreihe scheint also darin zu liegen, dass die feinen Chromatinkörner zu grösseren und immer weniger zahlreichen Tropfen zusammenfliessen, wobei die

achromatischen Substanzen allmählich gelöst werden, sodass nach Schwund der Kernwand nur noch chromatische Reste erkennbar sind.

Unter diese beschriebenen häufigsten Formen lassen sich keineswegs alle vorkommenden einordnen; es gibt offenbar verschiedene Wege des Zerfalls und demgemäss auch verschiedene Reihen aufeinanderfolgender Zerfallsstadien. Ich erwähne nur noch, dass bedeutende Vakuolenbildung im Kern sehr häufig den Gang des Zerfalls beeinflusst; die betroffenen Kerne werden zu grossen Blasen aufgetrieben, um die die chromatischen Teile als feine Körnchen herumliegen; sie werden bei dieser Degenerationsform durch die gewaltige Kernvergrösserung am Zusammenfliessen verhindert und es entstehen keine grössere Tropfen; es endigen diese Kerne wahrscheinlich auch durch Platzen.

Die Veränderungen im Plasma sind am auffälligsten an den grossen Dotterplättchen zu beobachten; während die der normalen Zellen (bei geeigneter Schnittdicke und starker Färbung) aus einer fast ungefärbten, durchsichtigen Zwischensubstanz selbst stark gefärbt herausleuchten (Fig. 3), ist das Plasma degenerierender Zellen ziemlich homogen gefärbt; es lassen sich zwar meist noch Konturen von Dotterplättchen erkennen, doch sind diese zum grössten Teil stark verkleinert, meist länglich, stäbchenförmig, und liegen, schwer zu unterscheiden dicht zusammengedrängt (Fig. 5a). Das ganze Bild macht den Eindruck, als wären die Dotterplättchen zersprengt und ihre kleinen Teilstücke nach Verlust der durchsichtigen Zwischensubstanz zu einem dichteren, ziemlich gleichförmigen Brei zusammengesunken. Dieser Eindruck eines Substanzverlustes wird erhöht durch die Kleinheit der betreffenden Zellen; während die Kerne trotz stärkster Veränderungen, solange ihre Kernwand erhalten ist, meist ihre alte Grösse bewahren, sind alle zugehörigen Zellen stark verkleinert (abgesehen von den Anfangsstadien, da die Kernveränderungen eher beginnen, als die des Plasma). Die Ver-

kleinerung nimmt bei fortschreitender Kernveränderung zu, sodass schliesslich nur noch Kernreste mit einem feingekörnten, schleierhaften Plasmabezirk übrig bleiben (Fig. 6 c); dabei bleibt aber auffällig lange der scharfe, exakt kreisförmige Kontur der Zellen bestehen, der bei veränderten meist viel deutlicher ist als bei normalen Dotterzellen.

Der Ablauf der Plasmaveränderungen lässt also mit Sicherheit darauf schliessen, dass die Plasmabestandteile allmählich von der umgebenden Flüssigkeit aufgelöst werden, die Dotterplättchen erst nach einem vorangehenden Zerfall in kleine Teilstücke. Dementsprechend zeigt auch die Flüssigkeit in den Körperhöhlen des Embryo meist deutliche Eiweissreste, die bei der fixierenden Fällung Trübung ergeben und in den Präparaten als feine Schleier und Körnchen erkennbar sind.

Die erwähnte Verkleinerung der degenerierenden Zellen, die den Degenerationsbezirken ein höchst charakteristisches, auffälliges Aussehen gibt (Fig. 1 u. 2), kommt noch auf einem anderen Wege zustande als durch Plasmaauflösung, nämlich durch eigentümliche, nicht leicht verfolgbare Vorgänge direkter Teilung. Es finden sich in den Degenerationsbezirken ab und zu zweikernige Zellen, und zwar sind Plasma und Kerne gewöhnlich in rückschreitender Veränderung, von den ersten Anfängen bis zu den Spätstadien genau übereinstimmend mit den einkernigen Zellen (Fig. 4 b). Eine indirekte Teilung kann, wenigstens bei unserem Objekt, niemals zur Bildung zweikerniger Zellen führen, also muss nach deren Vorkommen eine direkte Kernzerschnürung angenommen werden, selbst wenn sich nicht alle Stadien dieses Vorgangs finden lassen; dass diese direkte Kernteilung stets auch die Zellteilung zur Folge hat, scheint unwahrscheinlich — sicherlich kann sie dazu führen; das zeigt der häufige Befund zweier völlig gleich aussehender, degenerierender Zellen, die mit den randständigen Kernen einander zugewendet sind: offenbar Produkte einer eben abgelaufenen direkten Zellteilung. Weit häufiger aber, als diese Teilung von Kern

und Zelle ist eine andere Form direkter Teilung, nämlich die Abschnürung kernloser Plasmakugeln von im Plasma bereits stark veränderten Zellen; sie spielt sicher die Hauptrolle bei der Verkleinerung der degenerierenden Elemente. — Dieses reichliche Vorkommen direkter Fragmentierung erklärt vielleicht die sehr auffällige Randstellung fast aller degenerierender Kerne in kleinen Zellen.

Ich schliesse diese kurze Übersicht über die mannigfaltigen morphologischen Erscheinungen der Degeneration, ohne auf ihre Physiologie einzugehen: die auch bei der kürzesten Darstellung sich aufdrängenden Fragen, ob es sich, z. B. bei dem Zusammenfliessen der chromatischen Substanzen, um reine mechanische Vorgänge oder, z. B. bei den Erscheinungen direkter Teilung, um Lebensäusserungen der betr. Zellen handelt, wann und in welchen Zellteilen der Tod einsetzt u. a. m., sind nur aus weit umfangreicheren Einzelangaben zu entscheiden.

III.

Für die Beurteilung der allgemeinen Bedeutung der Degenerationen für die Entwicklung von Triton muss vor allem die Zugehörigkeit dieser Vorgänge zur normalen Entwicklung sicher gestellt sein; der Gedanke an Missbildung oder pathologische Zustände liegt bei der Grossartigkeit der Erscheinung in einzelnen Fällen nahe, darf aber sicherlich ausgeschaltet werden: denn das Material, das dieser Untersuchung zu Grunde liegt, stammt aus verschiedenen Jahren, aus verschiedenen Tümpeln, ist teils gezüchtet, teils unmittelbar draussen am Fundort konserviert und hat trotz dieser ausdrücklichen Variierung der Bedingungen keine erkennbaren Verschiedenheiten in den beschriebenen Erscheinungen ergeben. Demnach handelt es sich um Vorgänge, die der normalen Entwicklung von Triton cristatus zugehören und die Frage nach ihrer Bedeutung,

spez. ihrem physiologischen Wert für die Entwicklung ist berechtigt.

Zu ihrer Erörterung scheint es notwendig, eine Gruppierung der im ersten Kapitel erwähnten Degenerationsbezirke vorzunehmen: die einzelnen, unregelmässigen Degenerationen der späteren Stadien, besonders die der Hirnanlage und ihrer Anhangsorgane, spielen offenbar eine ganz andere Rolle, als die gleichmässigen von der Gastrulation bis zum Ausschlüpfen der Larve sich abspielenden Degenerationen im Dotterzellkomplex. Hauptfrage wird ja bei allen normalen Degenerationsvorgängen in Embryonen immer sein: sind die Degenerationen Entwicklungsfaktor, oder sind sie Abfälle bei Entwicklungsvorgängen, und diese Frage scheidet, glaube ich, bereits die beiden Gruppen: die späteren bei Abfaltung von Organen unregelmässig auftretenden Degenerationen machen tatsächlich den Eindruck von Abfällen der Entwicklung, indem sie bei eingreifenden Verlagerungen grösserer Zellmassen entstehen, Verlagerungen, die leicht rein mechanisch durch Ausstossen oder durch Druck ein Zugrundegehen vieler Zellen verursachen können. (Solche Degenerationen spez. bei der Entwicklung der Augenblase sind bei verschiedenen Embryonen bereits beschrieben und zum Teil in diesem Sinne gedeutet worden.) Ihr Fehlen in einzelnen Fällen deutet an, dass es eine normale Entstehung der betreffenden Organe auch ohne sie gibt, dass sie nicht notwendig für die Entwicklung sind.

Das ist ganz anders bei den umfangreichen Degenerationen im Dotterkomplex; eine Eigenschaft scheint sie allerdings auch der vorigen Deutung zugänglich zu machen: sie beginnen bei der ersten Verlagerung des gesamten Dotterzellkomplexes, bei der Urdarmbildung, und zeigen gerade zu diesem Entwicklungsvorgang innige Beziehungen; aber sie überdauern ihn eben, sie setzen sich gleichmässig fort, wenn längst diese Verlagerungen zur Ruhe gekommen sind und der Dotterzellkomplex als gänzlich unbewegte Masse kaum

mehr Druckänderungen oder anderen mechanischen Schädlichkeiten unterliegt. Hier tritt also der Gedanke, dass es sich um einen Entwicklungsfaktor handle in den Vordergrund. Welche aktive Rolle es nun ist, die man den Degenerationen zuschreiben kann, darauf weist ihr Schicksal hin: sie werden zu einer eiweissreichen Flüssigkeit aufgelöst, die offenbar eine Nährflüssigkeit für den Embryo darstellt. Der Bestimmung der Dotterzellen entspricht dieses Schicksal durchaus: Der Dotterentoblast hat einmal den späteren epithelialen Darm zu bilden, und er muss das in seinen Zellen aufgespeicherte Nährmaterial der Dotterplättchen dem wachsenden Embryo zugänglich machen; da nun der epitheliale Darm zu seiner Entstehung nicht annähernd aller vorhandenen Dotterentoblastzellen bedarf (s. *Alytes* u. *Rana*), so können ohne Schaden zahlreiche Dotterzellen zu Grunde gehen, und gerade dadurch ihre Bestimmung erfüllen: sie werden aufgelöst, um anderen Embryonalzellen als Nährmaterial zu dienen.

Dass nun auch tatsächlich das Bedürfnis nach Nährmaterial in anderen Teilen des Embryo besteht, dafür will ich eine Beobachtung anführen: gerade in dem Augenblick, in dem die ersten Degenerationen beginnen, hat das bereits stark verdünnte und an Nährmaterial verarmte Dach der Furchungshöhle die ausserordentliche Leistung auszuführen, aus seinen Zellen den wulstigen, viel Material verschlingenden Urmund zu bilden, und zwar nicht einmal, sondern fortwährend neu zu bilden, da ja das Material des Urmunds bei der Urdarmbildung immer wieder gebraucht wird; das kann nur geschehen, wenn die Zellen des Daches, also die späteren Ectodermzellen, wachsen — wachsen auf Kosten irgend einer von innen gereichten Nährsubstanz, die eben möglicherweise von den degenerierenden Zellen geliefert wird. Und dass die Ectodermzellen tatsächlich wachsen, lässt sich leicht erkennen: die Teilungsfiguren ihres Bezirks sind zahllos, während ihr Umfang nicht mehr beträchtlich abnimmt.

So hat also die Auffassung, dass die Zelldegenerationen eine Form der Dottereinschmelzung zum Zweck der Resorption darstellen, viele Gründe für sich; sie wäre erwiesen, wenn nicht während der gesamten Embryonalentwicklung von *Triton cristatus* noch eine andere Form der Dotterresorption vorkäme, die vermutlich bei Holoblastiern ohne Degenerationen die vorherrschende oder einzige ist: sie besteht in einer Übertragung der Dotterplättchen von Zelle zu Zelle (auf die Einzelheiten will ich in späteren Ausführungen zurückkommen); doch es wird hierdurch höchstens die Notwendigkeit, keineswegs die Wahrscheinlichkeit der dargelegten Auffassung eingeschränkt.

Dass noch eine solche Unsicherheit in der allgemeinen Deutung der beschriebenen Erscheinungen besteht, liegt zum Teil daran, dass es sich noch nicht übersehen lässt, wie weit eigentlich die Degenerationen — zunächst einmal unter den Amphibien — verbreitet sind. *Triton alpestris* habe ich bereits in einer grösseren Anzahl von Serien untersucht und gefunden, dass bei ihm die Degenerationen vorhanden sind, aber etwas weniger umfangreich als bei *cristatus*, und mit einigen Modifikationen: es ist z. B. bei ihm das Plasma degenerierender Zellen häufig stark pigmentiert, was sie leicht erkennbar macht.

Diese an *Tr. cristatus* und *alpestris* begonnenen Untersuchungen gedenke ich daher fortzusetzen und auf andere Amphibien auszudehnen, um dadurch vielleicht der allgemeinen Bedeutung der Degenerationsvorgänge näher zu kommen.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1 u. 2: Uebersichtsbilder über die Anordnung der Degenerationen während der Urdarmbildung. (Degenerationsbezirk = DB, degenerierende Zellen dunkler gezeichnet.)

1. Medianer Längsschnitt durch eine eben sich anlegende Gastrula.

2. Medianer Längsschnitt durch eine ausgebildete Gastrula.

Fig. 3: Normale Dotterzelle.

Fig. 4–6: Degenerierende Kerne u. Zellen.

4. Kerne im Anfang der Degeneration. Das zugehörige Plasma war normal (wie in Fig. 3).

a) einzelner Kern.

b) Kern in direkter Teilung.

5. Mittelstadien der Degeneration.

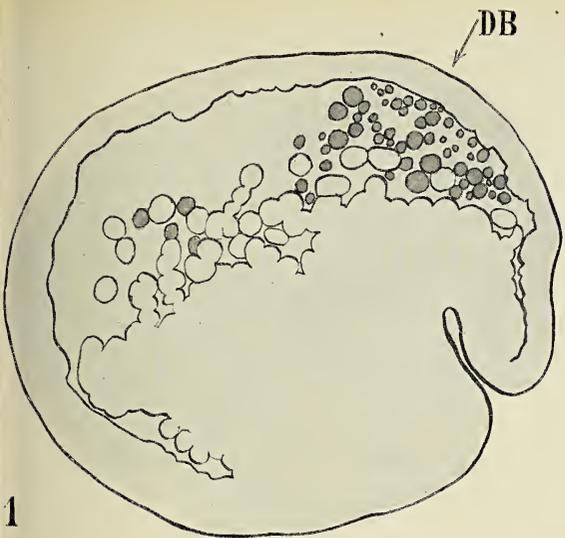
a) Dotterzelle mit verändertem und vermindertem Plasma; Kern: wenige randständige Chromatintropfen.

b) Dotterzelle wie in a; Kern: mittelständige Chromatintropfen.

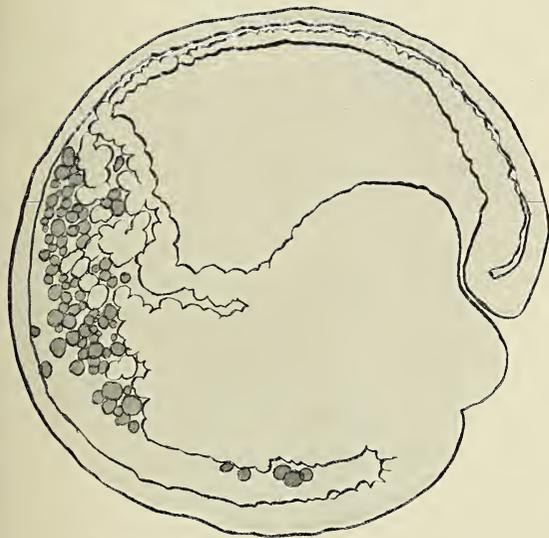
c) Aus Hirnanlagen-Degeneration.

6. a–c. Spätstadien der Degeneration: Kernkontur verschwunden, Plasma stark verändert und vermindert.

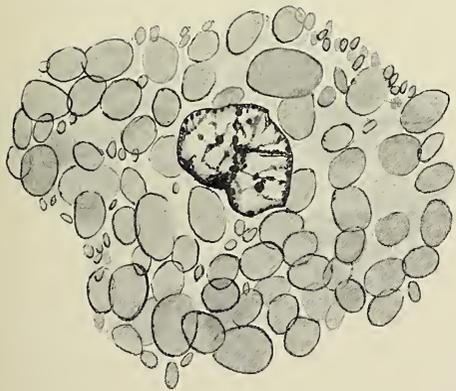
Die Figuren sind mit Abbe'schem Zeichenapparat gezeichnet, Fig. 1 und 2 bei 39 facher, Fig. 3–6 bei 555 facher Vergrößerung.



1



2



3

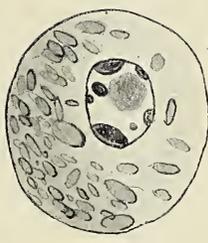


a



b

fig. 4



a

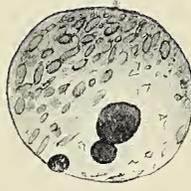


b

fig. 5

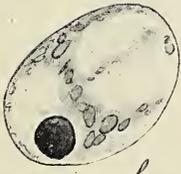


c



a

fig. 6



b



c

gez. W. Vogt

Weiter sprach Herr Kutscher:

Über einige Muskelextraktstoffe des Dornhais (*Acanthias vulgaris*), nach Untersuchungen von Herrn Dr. Suwa.

Seit den Untersuchungen von Städeler und Frerichs¹⁾ wissen wir, dass die Selachier unter den Wirbeltieren durch den hohen Gehalt ihrer Organe an Harnstoff eine merkwürdige Ausnahmestellung einnehmen. Während die übrigen Wirbeltiere sich des Harnstoffes, dieses hauptsächlichsten Endproduktes des Eiweissstoffwechsels, möglichst schnell entledigen, stapeln die Selachier davon in ihrem Körper beträchtliche Mengen auf.

Schröder²⁾ konnte in der Muskelsubstanz von *Scyllium catulus* 1,95 %, im Blut des gleichen Fisches sogar 2,61 % Harnstoff nachweisen.

Die Ursache der gewaltigen Ansammlung von Harnstoff in den Muskeln der Selachier ist bisher keineswegs völlig aufgeklärt. Nach Schröder,²⁾ der sich mit dieser Frage am eingehendsten beschäftigte, „findet der grosse Reichtum der Organe des Selachiers an Harnstoff in der Trägheit, mit welcher die Niere denselben ausscheidet, seine Erklärung. Die Ausscheidung des Harnstoffes ist hier, wenn man so sagen darf, behindert, und der Selachier gleicht in dieser Beziehung bis zu einem gewissen Grade einem Säugetiere im Zustande der Urämie“.

War die von Schröder ausgesprochene Hypothese richtig, dann liess sich annehmen, dass die Niere der Selachier nicht ausschliesslich bei der Ausscheidung des Harnstoffes träge arbeiten würde.

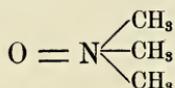
1) Journ. f. prakt. Chemie Bd. 73 S. 48 und Bd. 76 S. 58.

2) Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 14 S. 576.

Man konnte vielmehr vermuten, die Selachier würden auch andere Substanzen, die im Laufe des regressiven Stoffwechsels sich bilden, neben dem Harnstoff in ihrem Leibe aufstapeln.

Bestätigte sich diese Voraussetzung, so musste man in den Selachieren ausgezeichnete Objekte haben, um nach Stoffen zu fahnden, die bei den höher stehenden Wirbeltieren infolge ihrer schnellen Ausscheidung sich dem Nachweise entziehen.

Auf Grund dieser Überlegungen hat Herr Suwa genaue Untersuchungen der Organe des Dornhais vorgenommen, und es ist ihm in der Tat gelungen unter den wasserlöslichen Muskel-extraktstoffen des genannten Fisches zwei Körper in reichlicher Menge nachzuweisen, die man bei den anderen Wirbeltieren bisher überhaupt noch nicht aufgefunden hat. Der eine derselben ist das Betain, der zweite Trimethylaminoxyd



Das Betain ist, seitdem es Scheibler aus der Zuckerrübe dargestellt hat, aus zahlreichen Pflanzen isoliert werden. Es schien sich aber ebenso ausschliesslich auf das Pflanzenreich zu beschränken wie der Harnstoff auf das Tierreich.¹⁾ Dann wurde es jedoch 1886 von Brieger²⁾ in der Miesmuschel, 1907 von Ackermann und Kutscher³⁾ in dem aus der Nordsee-garnele erzeugten Krabbenextrakt nachgewiesen. Aber sein Verbreitungsgebiet reicht, wie der am Dornhai erhobene Befund zeigt, auch zu den Wirbeltieren hinauf.

1) Im Jahre 1903 ist der Harnstoff von Bamberger und Landsiedl auch in Pflanzen, nämlich Bovisten, aufgefunden. Monatshefte f. Chemie Bd. 24 S. 218.

2) Die Ptomaine. Berlin 1885/1886.

3) Zeitschrift für Untersuchungen der Nahrungs- und Genussmittel Bd. 14 S. 687.

Der zweite Körper, das Trimethylaminoxyd ist bisher weder im Tier- noch im Pflanzenreiche aufgefunden worden, trotzdem er seiner chemischen Zusammensetzung nach zum Betain in naher Beziehung stehen kann.

Die Zahl der eigenartigen Muskelextraktstoffe, die sich aus dem Fleische des Dornhais gewinnen lassen, ist mit dem Betain und Trimethylaminoxyd durchaus nicht erschöpft; aber die beiden genannten Stoffe sind doch durch ihre Eigenschaften so ausgezeichnet, dass ihre Reindarstellung sich besonders leicht bewerkstelligen lässt.

In auffallend geringer Menge fand sich dagegen im Muskel des Dornhais das Kreatin und Kreatinin vertreten. Diese beiden sonst vorherrschenden Muskelextraktstoffe verschwinden gegenüber dem Betain und Trimethylaminoxyd. Der Befund stimmt mit den Angaben Krukenbergs¹⁾ überein. Krukenberg fand in den Muskeln der Selachier kein Kreatinin und nur wenig Kreatin.

1) Untersuchungen aus dem physiol. Institut zu Heidelberg Bd. 4 S. 33—63.

In der Sitzung vom 10. Februar hielt Herr Engeland als Gast den Vortrag:

Zur Kenntnis der Eiweissstoffe.

Bekanntlich besitzen die Eiweissstoffe ein sehr grosses und jedenfalls sehr kompliziert zusammengesetztes Molekül. Um einen Einblick in dessen Struktur zu bekommen, hat man schon frühzeitig versucht es in kleinere Bruchstücke zu zerlegen. Man kann dies bewirken, indem man das Eiweiss in der Hitze mit starken Säuren oder Laugen behandelt oder es der Wirkung von Verdauungsfermenten unterwirft. Unter dem Einflusse dieser Agentien liefert das Eiweiss eine grosse Reihe verschiedener, wohlcharakterisierter, kleinmolekularer Spaltungsprodukte. Dieselben sind nach unseren jetzigen Kenntnissen alle Aminosäuren d. h. Körper, die ausser einer bezw. zwei Karboxylgruppen noch eine oder mehr Amidogruppen enthalten. Es ist natürlich die Hauptaufgabe der Eiweisschemie diese Aminosäuren, die bei der Spaltung eines Eiweisskörpers auftreten zu trennen und womöglich die einzelnen quantitativ zu bestimmen. Man kann nun die bei der Eiweisspaltung auftretenden Aminosäuren einteilen in einen basischen und einen nicht basischen Anteil. Ersterer wird repräsentiert durch die drei Hexonbasen. Diese enthalten zwei oder mehr Atome Stickstoff und nur eine Carboxylgruppe, daher erklären sich ihre basischen Eigenschaften. Ihre Trennung und quantitative Bestimmung ist nach dem Verfahren von Kossel und Kutscher in befriedigender Weise ermöglicht worden. Sehr viel schlechter liegen die Verhältnisse bei dem nicht basischen Anteil. Ein einheitliches Verfahren zu ihrer qualitativen Trennung wurde erst in

neuerer Zeit von E. Fischer angegeben. Es beruht auf der fraktionierten Destillation der Aethylester der Aminosäuren. Die Ausbeute ist jedoch wenig befriedigend. Annähernd quantitativ lassen sich nur die Aminosäuren bestimmen, die in Wasser schwer löslich sind, nämlich Tyrosin, Leucin, ferner die Glutaminsäure, deren Chlorid in konzentrierter Salzsäure wenig löslich ist. Die in Wasser leicht löslichen bieten selbst der qualitativen Ausmittelung Schwierigkeiten. Der Grund hierfür ist der, dass sie auf eine Amino- eine Karboxylgruppe enthalten. Sie sind dadurch gleichzeitig Basen und Säuren, also indifferente Körper. Sie bilden mit Säuren nur leicht lösliche Salze. Ebenso sind ihre Metallsalze fast alle leicht löslich, die schwerlöslichen beeinflussen sich ausserdem wenn sie in einem Gemenge erzeugt werden in sehr unangenehmer Weise in ihrer Löslichkeit. Diese Verhältnisse lassen sich zweifellos bessern, wenn man den Indifferentismus der Aminosäuren beseitigt. Nun lassen sich, wie oben bemerkt, die Hexonbasen relativ leicht trennen und nebeneinander bestimmen. Der Grund hierfür liegt sicher in ihrer starken Basicität, die die grosse Krystallisationsfähigkeit ihrer Salze bedingt.

Es liegt daher der Gedanke nahe auch die Basicität der Monoaminosäuren zu erhöhen. Das ist in der That auf relativ einfachem Wege zu erreichen. Die Aminosäuren lassen sich nämlich auffassen als primäre Amine. Die beiden leicht beweglichen Wasserstoffatome der Aminogruppe lassen sich beim Behandeln mit Halogenalkylen leicht durch Alkyl substituieren. Es entstehen so tertiäre Basen, die ihrerseits noch ein Molekül-Halogenalkyl addieren und in quaternäre Basen übergehen. Aminosäuren liefern hierbei die sogenannten Betaine. Letztere zeichnen sich wie alle Ammoniumbasen aus durch die grosse Krystallisationsfähigkeit ihrer Salze; namentlich bilden sie wohl charakterisierte, schwerlösliche Verbindungen mit den Alkaloidfällungsmitteln der Phosphorwolframsäure, Quecksilber-, Cadmium-, Platin- und Goldchlorid. Man unterwirft

also das Gemenge der leicht löslichen Monoaminosäuren¹⁾ der erschöpfenden Methylierung, und erhält so die Betaine der entsprechenden in demselben enthaltenen Aminosäuren; die sich durch die verschiedene Löslichkeit ihrer Schwermetall-doppelsalze leicht trennen lassen. Besonders günstig gestalten sich die Verhältnisse nach meinen bisherigen Versuchen für die Pyrrolidinkarbonsäure, die sich quantitativ bestimmen lässt in Form des Chloraurates der n-Methylhygrinsäure. Aus Casein erhielt ich z. B. 6,6 % also mehr als doppelt so viel als nach dem älteren Verfahren. Auch der Nachweis des Glykokolls in Form von Betain bietet keine Schwierigkeiten.

In Kenntnis der vorstehenden Tatsachen lässt sich die weite Verbreitung der Betaine in den Pflanzen und wahrscheinlich auch in den Tieren erklären und schliesslich auf die dem Eiweiss entstammenden Amidosäuren zurückführen.

In der anschliessenden Geschäftssitzung verlas zunächst der Vorsitzende Herr Kayser den Jahresbericht. Dann wurde dem Rechnungsführer Herrn Disse Entlastung erteilt und der Dank der Gesellschaft für seine Tätigkeit ausgesprochen.

Es folgte die vorgeschriebene Neuwahl des Vorstandes. Zum Vorsitzenden der Gesellschaft wurde Herr Kayser gewählt, in den engeren Ausschuss kam Herr Korschelt als stellvertretender Vorsitzender, Herr Richarz und Herr Schenck.

1) Die Hexonbasen lassen sich auffallenderweise schlecht methylieren. Sie liefern nur geringe Mengen krystallisationsfähiger Methylierungsprodukte.

Neu aufgelegte Schriften:

- Sitz.-Ber. naturw. Ges. Dresden „Isis“. Jahrg. 1908, Juli—Dezember.
Dresden 1909.
- Verzeichn. d. Biblioth. „Flora“, Kgl. Sächs. Ges. f. Botanik. Dresden 1909.
- Bericht über die Tätigkeit des deutschen Ausschusses f. d. mathem. u.
naturw. Unterricht im Jahre 1908. Leipzig-Berlin 1909.
- Verh. naturf. Ges. Basel. XX, 1. Basel 1909.
- Mitteil. d. Ver. f. Naturkunde Krefeld. Krefeld 1909.
- Verh. naturf. Ver. Brünn. XLVI. 1907. Brünn 1908.
- Sitz.-Ber. naturf. Ges. Leipzig. 34. Jahrg. 1907. Leipzig 1908.
- Verhandl. naturhist.-mediz. Ver. Heidelberg. N. Folge. IX, 4. Heidel-
berg 1909.
- Verh. Berlin. mediz. Ges. 1908. XXXIX. Berlin 1909.
- Sitz.-Ber. phys.-mediz. Societ. Erlangen. XXXIX, 1907. Erlangen 1908.
- Festschrift ders. Ges., 27. Juni 1908.
- Lotos, naturw. Zeitschr. Prag. Bd. 56, 1—10. Prag 1908.
- Leopoldina. 1909, Heft 45, Nr. 2—4. Halle 1909.
- Verh. geol. Reichsanst. Wien. Jahrg. 1908. Nr. 15—18. Wien 1909.
- Bibliographie d. deutsch. naturw. Literatur. XII, 4—6. 1909.
- Archives Musée Teyler. Sér. II, vol. XI, 3. partie Haarlem 1909.
- Regenwaarnemingen nederl. India. 29. Jahrg., I. u. II. Batavia 1908.
- Observations r. magnetical and meteorol. observatory Batavia. Bd. 29.
1906. Batavia 1908.
- Bergens Museum. Aarsberetning for 1908. Bergen 1909.
- Bergens Mus.-Aarbog. Bergen 1908.
- Swedish Exploration in Spitzbergen 1758—1908.
- Rendiconto Accad. scienz. fis. matem. 3. S. XIV, fasc. 8—12. Napoli 1908.
- Dass. ser. 3. XV, fasc. 1—2. Napoli 1909.
- Atti soc. toscana sc. nat. Pisa. Vol. 18, 1, 2. Pisa 1908/09.
- Atti r. accad. Lincei. s. 5. Rendiconti XVIII, fasc. 4—18. Roma 1909.
- Charles Janet, Anatomie etc. de reine la fourmi. Limoges. 1907. Texte
et Atlas.
- Bull. Ac. imp. Sciences. St. Pétersbourg 1909. 4—7.
- Journal Elisha Mitchell Scientif. Soc. 24, 4. Chapel Hill 1908.
- Proceed. Amer. philos. soc. Philadelphia 47, 190. Philadelphia 1908.
- Bull. Scientif. Laboratoris Denison University. 14, art. 1—5. Granville 1908.
- Bull. Univ. of Kansas. IX, 5. Lawrence. Kansas. 1908.
- Bull. Wisconsin nat. hist. Soc. Milwaukee 6, 3 u. 4. Milwaukee 1908.
- Univers. Montana 51, Register 1907/8.
- Montana High School debating league. Nr. 52. 1908.
- Some Economic Geology of Montana. Bull. 150, 3. 1908.

- Bureau of Amer. Ethnology. Bull. 34. Washington 1908.
Smithsonian Miscell. Collect., vol. 52, Nr. 1813. Washington 1909.
Annual report of the Smithson. Instit. f. 1907 Washington 1908.
Bullet. Mus. Comparat. Zoology. Harvard College. v. 52, 7. Cambridge 1909.
Proceed. Amer. Acad. Arts and Sciences. 44, 6—10. Cambridge 1909
Bullet. N. York public Library. 13, 2—4. N. York 1909.
Amer. Naturalist. 43, 507, 508. N. York 1909.
Parergones Instituto Geológico Mexico. II. 8, 9. Mexico 1909.
Bullet Inst. Geol. Mexico. No. 26. Mexico 1908.
Catalogos da fauna Brasileira II, S. Paolo 1909.
-

Sitzungsberichte

der

**Gesellschaft zur Beförderung der
gesamten Naturwissenschaften**

zu

MARBURG

Nr. 5

Juli

1909

In der Sitzung vom 14. Juli sprach Herr Römer (nach gemeinschaftlichen Versuchen mit Dr. Joseph):

Ueber ein tuberkulose-prognostisches Verfahren.

Das souveränste Mittel zur Entscheidung der Frage, ob ein Organismus eine Tuberkuloseinfektion erlitten hat oder nicht, ist das von Koch entdeckte Tuberkulin. Tuberkulöse Individuen antworten auf eine subkutane Injektion des Tuberkulins mit einer charakteristischen Allgemeinreaktion und zwar auf Dosen des Tuberkulins, die von dem gesunden, noch nicht mit Tuberkulosevirus in Berührung gekommenen Organismus ohne jede Reaktion vertragen werden. Das Tuberkulin ist also für den tuberkulösen Organismus ein stärkeres Gift, als für den gesunden Organismus, oder um es anders auszudrücken, der tuberkulöse Organismus ist, verglichen mit einem gesunden Individuum der gleichen Art gegenüber dem Tuberkulin „überempfindlich“. Auf dieser Differenz in der Empfindlichkeit gegen Tuberkulin zwischen tuberkuloseinfizierten und nicht tuberkuloseinfizierten Individuen beruht die diagnostische Verwendbarkeit des genannten Mittels.

Pathologisch-anatomische Feststellungen haben nun ergeben, dass unter europäischen Verhältnissen der grösste Teil

der erwachsenen Menschen als tuberkuloseinfiziert zu betrachten ist. Nägeli fand bei Durchmusterung von über 500 menschlichen Kadavern, Burckhardt bei der genauen Durchsuchung von 1452 Kadavern, dass nahezu 100% der Erwachsenen mit Tuberkulose behaftet sind. Wir müssen logischer Weise also auch erwarten, dass nahezu alle erwachsenen Menschen auf Tuberkulin reagieren, dass sie tuberkulinüberempfindlich sind. Dem ist in der Tat so. Hamburger hat bei wahlloser Tuberkulinprüfung aller in ein Kinderspital Wiens eingelieferten Kinder festgestellt, dass bereits fast sämtliche 14jährigen Kinder eine positive Tuberkulinreaktion geben, dass also mit dem 14. Lebensjahr die Durchseuchung des Menschengeschlechts — oder um es vorsichtiger auszudrücken, die Durchseuchung der in Wien lebenden Menschen — mit Tuberkulose abgeschlossen ist.

Solche Feststellungen würden wenig tröstlich erscheinen, wenn wir nicht andererseits wüssten, dass durchaus nicht jeder tuberkuloseinfizierte und tuberkulinüberempfindliche Mensch tuberkulosekrank zu sein braucht. Für den Arzt aber, welcher wissen will, ob die Krankheit, wegen der er konsultiert wird, Tuberkulose ist oder nicht, scheint das Tuberkulin seinen diagnostischen Ruf verlieren zu müssen, da es jeden Fall von Tuberkulose anzeigt, mag derselbe nun im klinischen Sinne als „tuberkulös“, d. h. tuberkulosekrank aufzufassen sein oder nicht. Trotzdem halten erfahrene Tuberkuloseärzte an der diagnostischen Brauchbarkeit des Tuberkulins fest, allerdings nur unter Berücksichtigung eines ganz bestimmten Prüfungsmodus.

Nach langem Hin- und Herprobieren wendet man für die diagnostische subkutane Tuberkulinprüfung des Menschen folgendes Prüfungsschema an: Man injiziert dem verdächtigen Patienten zuerst $\frac{2}{10}$ mg; wenn keine Reaktion erfolgt 1 mg, wenn dann keine eintritt 5 mg, und wenn auch danach noch keine Temperatursteigerung beobachtet wird endlich 10 mg. Zu grösseren Dosen geht man nicht mehr, weil nach Kochs

Angaben auch gesunde Menschen hierauf reagieren können. Koch hat nämlich in einem Selbstversuch mit einer noch etwas höheren Dosis eine recht intensive Reaktion bei sich beobachtet; er glaubt also, dass ein gesunder, d. h. tuberkulosefreier Mensch auf Dosen, die über 10 mg hinausgehen, reagieren könne. Schon ein Blick auf das Prüfungsschema lehrt, dass zwischen der Tuberkulinempfindlichkeit eines Tuberkulösen und eines Tuberkulösen ausserordentliche quantitative Differenzen bestehen können, wenn wir sehen, wie der eine schon auf Bruchteile eines Milligramms reagiert, der andere erst auf 10 mg. Es kommt aber noch ein weiteres hinzu. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass der gesunde, wirklich tuberkulosefreie, noch nie mit Tuberkulosevirus in Berührung gekommene Mensch nicht nur wenig empfindlich gegen Tuberkulin ist, sondern überhaupt vollständig unempfindlich. Hamburger hat bis zu 500 mg konzentrierten Tuberkulins solchen wirklich tuberkulosefreien Personen injiziert, ohne die geringsten Folgeerscheinungen zu beobachten. Wir müssen also auch die auf 100 und 500 mg Tuberkulin reagierenden Menschen als tuberkuloseinfiziert betrachten. Wir kämen damit aber, wie ein nochmaliger Blick auf das Prüfungsschema lehrt, zu noch grösseren Differenzen in der Tuberkulinempfindlichkeit verschiedener tuberkuloseinfizierter Individuen: manche tuberkuloseinfizierte Menschen reagieren auf Bruchteile eines Milligramms, andere erst auf 100—500 mg.

Es drängt sich unwillkürlich die Frage auf, ob nicht diese beträchtlichen Unterschiede im Tuberkulinempfindlichkeitsgrad bedingt sind durch Differenzen in der Art der die Empfindlichkeit bedingenden Tuberkuloseinfektion. A priori scheint es so, als ob dem schwächeren Empfindlichkeitsgrad eine weniger schwere Tuberkuloseinfektion entspräche. Dafür spricht zunächst die Schlussfolgerung Kochs, dass die nur auf Dosen von mehr als 10 mg reagierenden Menschen als gesund zu betrachten sind — wie wir heute hinzufügen

müssen, als klinisch gesund, aber trotzdem als tuberkuloseinfiziert. Dafür spricht weiter die Erfahrung mancher Tuberkuloseärzte, dass die aktiveren Tuberkuloseprozesse besonders empfindlich sind schon gegen relativ kleine Dosen Tuberkulins.

Es drängt sich deshalb schon aus einer solchen rein kritischen Betrachtung des Tuberkulinreaktionsproblems der Wunsch auf, genau quantitativ den Empfindlichkeitsgrad gegenüber Tuberkulin zu bestimmen und das gefundene Resultat in Vergleich zu setzen mit der aus dem Ergebnis der übrigen klinischen Untersuchungsmethoden, der weiteren Beobachtung event. Sektion des Falles festgestellten Prognose des Tuberkuloseprozesses.

Der Versuch einer genauen quantitativen Bestimmung des Tuberkulinempfindlichkeitsgrades stiess aber bei der uns bisher ausschliesslich zur Verfügung stehenden subkutanen Anwendungsweise des Tuberkulins auf mehrfache Schwierigkeiten. Denn wenn wir im gegebenen Fall von kleinen, subkutan injizierten Dosen anfangend allmählich zu stärkeren Dosen aufsteigen, um die Grenzdosis zu ermitteln, bei der eben die Reaktionsfähigkeit des Organismus beginnt, so können wir uns in doppelter Richtung täuschen; einmal indem wir bei solchem Vorgehen den Organismus allmählich an das Tuberkulin gewöhnen, ihn gegen das Tuberkulin immunisieren, sodass der Empfindlichkeitsgrad fälschlicherweise geringer erscheint, als er von vornherein war; umgekehrt kann es vorkommen, dass wir bei demselben Vorgehen den Organismus nicht nur nicht immunisieren, sondern im Gegenteil ihn noch stärker empfindlich gegen Tuberkulin, also gewissermassen überüberempfindlich machen können, sodass uns sein Empfindlichkeitsgrad täuschender Weise stärker imponiert, als er in Wirklichkeit ist. Dazu kommen die Schwierigkeiten, die durch die zahllosen Temperaturmessungen bei solchen Vorgehen gegeben sind, durch die Möglichkeit von Täuschungen wegen aus anderem Grunde erfolgender Temperatursteigerungen etc.

Die bisher ausschliesslich subkutane Anwendungsweise des Tuberkulins hat aber nun eine sehr glückliche Modifikation durch v. Pirquet erfahren. v. Pirquet zeigte, dass es auch nach blosser Einreibung des Tuberkulins in kleine Hautscarifikationen beim tuberkulösen Organismus zu einer charakteristischen Reaktion kommt, die beim gesunden Organismus ausbleibt. Die durch v. Pirquet geschaffene technische Vereinfachung in der Anwendung des Tuberkulins, die Einfachheit der Kontrolle des Impferfolgs hat unsere Kenntnisse vom Wesen der Tuberkulinreaktion erheblich gefördert.

Nach v. Pirquet sind noch andere derartige lokale Tuberkulin-Reaktionen zu allgemeiner Anwendung gekommen, so z. B. die Conjunctival-Reaktion Wolff-Eisners, welche darin besteht, dass der Tuberkulöse auf die Einträufelung von Tuberkulin in den Bindehautsack mit einer Lokalreaktion antwortet. Ferner gehört hierhin die sogenannte Stichreaktion von Escherich, die sich nach subkutaner Tuberkulininjektion um die Einstichstelle der Nadel an der Oberfläche der Haut zeigt.

Die eben genannte Pirquet'sche Kutan-Reaktion bietet nun die Möglichkeit, die erwünschte genaue quantitative Bestimmung der Tuberkulinempfindlichkeit in einem gegebenen Fall vorzunehmen, indem einmal dabei Täuschungen vermieden werden und andererseits die Kutan-Reaktion es ermöglicht, gleichzeitig den betreffenden Menschen mit verschiedenen Tuberkulinverdünnungen zu prüfen.

Dieses Verfahren ist in der Tat von zwei dänischen Autoren Ellermann und Erlandsen angewandt worden und nach ihren Untersuchungen hat es den Anschein, als wäre eine derartige quantitative Bestimmung des Tuberkulinempfindlichkeitsgrades, oder wie sich die genannten Autoren ausdrücken, des „Tuberkulintiters“ des Organismus geeignet, Aufschlüsse über die klinische Bewertung des betr. Falles

zu geben, also bis zu einem gewissen Grade eine Prognose des Tuberkuloseprozesses im Einzelfall zu ermöglichen. Ich brauche wohl kaum darauf hinzuweisen, wie ausserordentlich wichtig der Besitz eines solchen zuverlässigen tuberkuloseprognostischen Verfahrens sein würde.

Die Ergebnisse solcher Untersuchungen am Menschen nun, wie sie von Ellermann und Erlandsen zuerst gewonnen wurden, sind aber nicht leicht zu deuten, weil das klinische Urteil, ob im gegebenen Fall eine gutartige oder bösartige, eine aktive oder inaktive Tuberkulose vorliegt, von subjektiven Momenten oft recht abhängig ist. Auf einen Vergleich des Resultates jener quantitativen Bestimmung des Tuberkulintiters mit dem Ergebnis der übrigen klinischen Beurteilung des Falles wäre aber der Kliniker ausschliesslich angewiesen.

Im Tierexperiment dagegen haben wir es in der Hand, ganz willkürlich durch Dosierung des infizierenden Virus schwere oder leichte Tuberkulosefälle zu erzeugen. Quantitative Versuche zur Bestimmung des Empfindlichkeitsgrades derartig mit stark differierenden Dosen infizierter Tiere sind von Dr. Joseph und mir angestellt worden, bereits ehe uns die Arbeiten von Ellermann und Erlandsen bekannt waren. Wir haben sie in grösserem Umfange an Rindern und an Meerschweinchen ausgeführt. Wir stossen bei diesen Versuchen aber auf eine neue Schwierigkeit. Das Rind reagiert auf kutane Tuberkulinapplikation nach v. Pirquet — auch wenn es tuberkuloseinfiziert ist — mit wenig Regelmässigkeit und im Meerschweinerversuch, auf den sich die nachfolgenden Mitteilungen ausschliesslich erstrecken sollen, lässt uns die kutane, wie auch die conjunctivale Methode vollständig im Stich. Tuberkulöse Meerschweine reagieren zwar auf subkutan injiziertes Tuberkulin, wenn es in genügend grossen Dosen eingespritzt wird, sind aber kutan und conjunctival selbst gegen konzentriertes Tuberkulin unempfindlich. Die Ausführung einer genauen quantitativen Bestimmung

des Tuberkulinempfindlichkeitsgrades verschiedenartig infizierter tuberkulöser Meerschweine war daher erst möglich, nachdem ich nachgewiesen hatte, dass es bei dem Meerschwein gelingt, durch eine intrakutane Injektion von Tuberkulin eine charakteristische und streng spezifische Lokalreaktion zu erzeugen. (Folgt kurze Beschreibung der Technik und Demonstration von Intrakutan-Reaktionen beim Meerschwein.)

Mit Hilfe dieses Prüfungsmodus wurde nun eine grosse Anzahl von Versuchen angetellt, die, summarisch berichtet, folgendes Resultat hatten: Je intensiver wir künstlich ein Meerschwein infiziert haben, um so früher kommt es zum Eintritt der intrakutan nachgewiesenen Tuberkulinempfindlichkeit. Die Intrakutan-Reaktion — qualitativ und quantitativ geprüft — nimmt beim einzelnen Meerschwein zu mit der Entwicklung des Tuberkuloseprozesses in seinem Organismus. Je schwächer die künstlich erzeugte Tuberkuloseinfektion, um so langsamer die Entwicklung des Tuberkuloseprozesses und um so langsamer entsprechend die Zunahme des qualitativ und quantitativ festgestellten Empfindlichkeitsgrades. In einer Versuchserie z. B., in der die Meerschweine mit steigenden Dosen, beginnend mit $\frac{1}{1000000000}$ mg bis zu $\frac{1}{10}$ mg Tuberkelbazillen infiziert waren, zeigten 3 Monate nach der Infektion die mit $\frac{1}{1000000000}$ mg infizierten Tiere nur auf die grosse Dosis von 0,02 ccm Tuberkulin eine schwache Reaktion, die mit $\frac{1}{1000000000}$ mg infizierten reagieren bereits auf 0,002 ccm Tuberkulin, aber noch mit schwacher Reaktion, die mit Dosen von $\frac{1}{100000000}$, $\frac{1}{10000000}$ und $\frac{1}{1000000}$ mg reagieren selbst auf 0,00002 ccm Tuberkulin, wenn auch mit schwacher Reaktion, während die mit $\frac{1}{1000}$ und $\frac{1}{10}$ mg infizierten Meerschweine auf die Dosis von 0,00002 ccm ganz intensiv reagieren.

Umgekehrt zeigten Tiere, die mit der gleichen Dosis infiziert waren, auch genau den gleichen Empfindlichkeitsgrad. (Genauere Erläuterung der Versuchsergebnisse an übersichtlichen Tabellen.)

Es geht somit nach unseren gesamten Ergebnissen die Intensität der intrakutan geprüften Tuberkulinempfindlichkeit der Meerschweine Hand in Hand mit der Schwere der tuberkulösen Infektion. Man kann daher durch eine sorgfältige Ermittlung des Tuberkulinempfindlichkeitsgrades bei experimentell infizierten Meerschweinen sich sehr brauchbare Anhaltspunkte für die prognostische Beurteilung des jeweiligen Tuberkuloseprozesses verschaffen. Die Fortsetzung unserer Versuche hat inzwischen gelehrt, dass es besonders wertvoll ist, von Zeit zu Zeit erneute Bestimmungen des Empfindlichkeitsgrades vorzunehmen. Nimmt dann der Empfindlichkeitsgrad intensiv zu, so entspricht dem eine schlechtere Prognose des betr. Tuberkuloseprozesses, während umgekehrt bei nicht eintretender Veränderung des Reaktionsgrades eine längere Lebensdauer des infizierten Meerschweins sich mit einiger Bestimmtheit voraussagen lässt.

Der Wunsch, auch in der menschenärztlichen Praxis eine objektive Methode zu besitzen, die prognostische Schlüsse für den einzelnen Tuberkulosefall erlaubt, ist ein sehr dringender. Vielleicht bietet die Intrakutan-Reaktion nach der von uns empfohlenen quantitativen Methode ein solches brauchbares tuberkuloseprognostisches Verfahren auch für den Menschen. Jedenfalls erscheint die Intrakutanmethode für diesen Zweck geeigneter als die von Ellermann und Erlandsen vorgeschlagene Pirquet'sche Kutanmethode, weil es naturgemäss auf eine exakte Dosierung des Tuberkulins sehr ankommt und diese nur durch die Intrakutan-Methode garantiert wird.

Ebenso dringend wäre der Besitz eines zuverlässigen objektiven tuberkuloseprognostischen Verfahrens für die veterinärärztliche Praxis, für die Bekämpfung der Rindertuberkulose. In seiner bisherigen Anwendungsweise klärt uns zwar das Tuberkulin mit einer verblüffenden Sicherheit darüber auf, ob ein Rind tuberkuloseinfiziert ist oder nicht, ohne uns aber Anhaltspunkte dafür zu geben, welches die besonders

gefährlichen, für die weitere Verbreitung der Tuberkulose in Betracht kommenden Fälle sind, welche Tiere voraussichtlich in Bälde wirtschaftlich wertlos sein werden etc. Nehmen wir weiter hinzu, dass im Reichsviehseuchengesetz die Entschädigung der Besitzer für alle Tiere mit schwerer Tuberkulose vorgesehen ist, um die Bekämpfung der Rindertuberkulose zu erleichtern, und vergegenwärtigen wir uns endlich, dass die Entscheidung, ob eine schwere Tuberkulose vorliegt oder nicht, sich nur auf die in der Veterinärpraxis recht schwierige und in ihrem Ergebnis recht zweifelhafte klinische Untersuchung stützen kann, so ist der Besitz eines objektiven tuberkuloseprognostischen Verfahrens in der Veterinärpraxis etwas durch das Gesetz nunmehr geradezu Gefordertes. Unsere eigenen bisherigen Beobachtungen am Rinde machen es nicht unwahrscheinlich, dass die quantitative Bestimmung des Tuberkulinempfindlichkeitsgrades mit Hilfe der Intrakutanreaktion diese Forderung befriedigen wird. Ehe aber hierüber eine sichere Entscheidung möglich ist, müssen erst systematische Untersuchungen an einer grösseren Zahl von Rindern ausgeführt sein. Ein solches Versuchsprogramm würde m. E. am besten so ausgeführt, dass einmal von gesunden Rindern ein Teil künstlich schwer, ein anderer Teil leicht infiziert wird, dann der Empfindlichkeitsgrad nach der von uns beschriebenen Methode geprüft und schliesslich das Ergebnis dieser Untersuchungen durch sorgfältige Sektionen kontrolliert wird. Weiter würde man an spontan an Tuberkulose erkrankten Rindern den Empfindlichkeitsgrad ermitteln, seine Veränderungen während einer längeren Beobachtungszeit feststellen, um dann schliesslich ebenfalls durch Sektionen den wirklich praktischen Wert unseres eventuellen tuberkuloseprognostischen Verfahrens zu prüfen.

Wir wollen versuchen, für diese praktisch wichtigen Versuche die nötigen Mittel zu bekommen.

Hierauf sprach Herr F. Richarz über

Neue Methoden zur Bestimmung der spezifischen Wärmen von Gasen.

Den grundlegenden Plan zu den im Folgenden beschriebenen Methoden hatte ich bereits im Wintersemester 1907/08 gefasst und mit den Herren Kollegen K. Schaum und F. A. Schulze besprochen; auch hatte Herr Karl Küster im hiesigen Physikalischen Institut bereits zu Ostern 1908 die Ausführung begonnen, als zu Beginn des Wintersemesters 1908/09 die Berliner Inaugural-Dissertation von Fritz Voller erschien, in der Bestimmungen nach einer verwandten Methode beschrieben werden.

Ausgangspunkt bildet die Pfaundler'sche elektrische Methode zur Ermittlung spezifischer Wärmen; siehe Kohlrausch, Lehrbuch, 1905, pag. 200; und zwar in der dort angegebenen absoluten Bestimmungsweise. Durch elektrische Heizung einer Drahtspirale im Inneren eines grösseren Gasvolumens wird letzterem eine gewisse Wärmemenge dQ zugeführt. Diese wird als elektrische Energie mit einem Wattmeter als eine Anzahl von Wattsekunden direkt gemessen. Voraussetzung der Anwendbarkeit der Methode ist, dass es nach einer kurz dauernden Heizung einen Moment gibt, in welchem bis auf einen verschwindenden Rest alle Wärme die Drahtspirale verlassen hat, ihren Sitz im Gase hat, und auch noch keine Wärme an die Gefässwände abgegeben worden ist. Nach den Resultaten der Arbeit von Herrn Reinhold Oehme¹⁾ kann diese Voraussetzung als erfüllbar

1) Bestimmungen der Temperaturänderungen in auf- und abbewegten Gasmassen und daraus abgeleitete Berechnung ihrer spezifischen Wärmen. Inaugural-Dissertation, Marburg 1908.

vermutet werden. Wenn dann auch die Wärme tatsächlich nur in einem Teile der Gasmasse ihren Sitz hat, werden Druck und Volumen der gesamten Gasmasse doch dieselben sein, als ob jene Wärmemenge auf letztere gleichmässig verteilt wäre und in ihr eine Temperaturerhöhung $d\vartheta$ hervorgerufen hätte, welche der Druckerhöhung dp oder der Volumenergrößerung dV entspricht. Den Zusammenhang mit den beiden spezifischen Wärmen c_p und c_v können wir dann etwa nach der Gleichung (13 b) in Helmholtz, Vorlesungen über Theorie der Wärme, herausgegeben vom Vortragenden, pag. 187, angeben. Jene Gleichung ist auf die Masseneinheit bezogen; wenden wir sie auf die Masse m an und nennen wir deren Volumen $V = m \cdot v$, so wird:

$$dQ = m \cdot c_v \cdot d\vartheta + m \cdot (c_p - c_v) \cdot \vartheta \cdot \frac{dV}{V} \quad . \quad (1)$$

Aus der Zustandsgleichung: $pV = m \cdot R \cdot \vartheta$ folgt:

$$\log p + \log V = \log(mR) + \log \vartheta$$

$$\frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} = \frac{d\vartheta}{\vartheta}$$

und also auch:

$$dQ = m \cdot c_p \cdot d\vartheta - m \cdot (c_p - c_v) \cdot \vartheta \cdot \frac{dp}{p} \quad . \quad (2)$$

Zur Bestimmung von c_v hatte ich von vornherein gedacht — ähnlich wie es inzwischen von Herrn Fritz Voller ausgeführt worden ist — die Gasmasse durch eine elastische Membran abzuschliessen, oder eine manometrische Kapsel in ihr Inneres zu bringen, sodass dV verschwindend klein wird, und in Gleichung (1) nur das erste Glied bleibt. Dieses Verfahren erscheint mir immer noch als das aussichtsreichste für c_v . Wendet man dagegen ein Gefäss von der Form an, wie sie z. B. bei der Dampfdichtebestimmung nach Dumas benutzt wird, und sperrt die Gasmasse ab durch einen verschiebbaren Flüssigkeitstropfen in der horizontalen Ansatzröhre, so ist

$dp = 0$, in Gleichung (2) bleibt nur das erste Glied und man erhält durch einen derartigen Versuch c_p .

Im Idealfalle liesse sich mit beliebiger Annäherung eine direkte Bestimmung von c_v auch z. B. in folgender Weise denken. Die Druckerhöhung durch die Temperaturerhöhung $d\vartheta$ wirkt auf die horizontale Oberfläche eine Absperrflüssigkeit in einem weiten Gefäss vom Querschnitte f_i . Mit diesem weiten Gefäss kommuniziert ein engeres Steigrohr vom Querschnitte f_a . Man erkennt, dass eine minimale Druckerhöhung im Gase ein starkes Steigen der Flüssigkeit in dem engen äusseren Schenkel zur Folge haben muss, also einen starken Gegendruck hervorruft, der das Volumen des Gases nahezu konstant erhält. Es muss indessen fraglich erscheinen, ob die Reibung der Flüssigkeit in dem engen Steigrohre nicht vielleicht die Ausführbarkeit dieser Methode beeinträchtigen wird. Nimmt man aber den Querschnitt f_a des engen Steigrohres nicht sehr klein gegenüber demjenigen f_i des inneren Schenkels, so erhält man aus einem Versuche weder c_v noch c_p , sondern eine Grösse, die aus beiden zusammengesetzt ist, wie ich nunmehr ableiten will.

Es sei p_0 der während der Versuchsdauer als konstant angenommene äussere Atmosphärendruck, zugleich auch der Anfangsdruck des abgesperrten Gases, wenn zu Beginn des Versuches das Niveau der Absperrflüssigkeit im weiteren und im engeren Schenkel gleich hoch angenommen wird. V_0 sei das Anfangsvolumen der Gasmasse. In einer beliebigen Phase des Versuches seien Druck und Volumen des Gases: $p = p_0 + p$, $V = V_0 + v$, dann ist:

$$(p_0 + p) \cdot (V_0 + v) = m \cdot R \cdot \vartheta \dots \dots (3)$$

Die Versuchsanordnung wird nun stets in den betrachteten Fällen so beschaffen sein, dass einer Volumenvergrösserung v eine proportionale Druckvermehrung p entspricht, sodass wir setzen können:

$$p = \beta \cdot v \dots \dots \dots (4)$$

wo β eine einfach bestimmbare Constante der betreffenden speziellen Apparate ist. Die Ausdehnung v kann an der Verschiebung der Sperrflüssigkeit direkt abgelesen werden. Indem wir (4) in (3) einführen, erhalten wir zunächst für einen Moment des betrachteten Vorganges:

$$(p_0 + \beta \cdot v) \cdot (V_0 + v) = m \cdot R \cdot \mathcal{J}$$

und weiter:

$$m \cdot R \cdot d\mathcal{J} = (p_0 + \beta \cdot V_0 + 2\beta v) dv$$

Ferner ist $dV = dv$ und $dp = d\mathfrak{p} = \beta \cdot dv$. Demnach wird aus (1):

$$R \cdot dQ = c_v \cdot (p_0 + \beta V_0 + 2\beta v) dv + m \cdot R \cdot \mathcal{J}(c_p - c_v) \cdot \frac{dv}{V}$$

Nach der Zustandsgleichung und (4) wird:

$$\frac{m R \mathcal{J}}{V} = p = p_0 + \mathfrak{p} = p_0 + \beta \cdot v$$

Dies in das 2. Glied des Ausdruckes für $R \cdot dQ$ eingeführt, wird:

$$R \cdot dQ = c_v \cdot (p_0 + \beta \cdot V_0 + 2\beta v) dv + (c_p - c_v) \cdot (p_0 + \beta v) dv$$

$$R \cdot dQ = [c_v \cdot \beta(V_0 + v) + c_p \cdot (p_0 + \beta v)] \cdot dv \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Statt v und dv können wir nach (4) auch \mathfrak{p} und $d\mathfrak{p}$ einführen, und erhalten:

$$R \cdot dQ = \left[c_v \cdot \left(V_0 + \frac{\mathfrak{p}}{\beta} \right) + c_p \frac{p + \mathfrak{p}}{\beta} \right] \cdot d\mathfrak{p} \quad . \quad . \quad (6)$$

Die beiden Grenzfälle kann man sofort hieraus wieder erhalten. Ist die Versuchsanordnung derart, dass der Druck bei Volumenänderungen konstant bleibt, so muss nach (4) $\beta = 0$ sein, und (5) ergibt:

$$R \cdot dQ_p = c_p \cdot p_0 \cdot dv = c_p \cdot m \cdot R \cdot d\mathcal{J}$$

Ist sie dagegen derart, dass das Volumen bei Druckänderungen konstant bleibt, so muss nach (4) $\left[v = \frac{1}{\beta} \cdot \mathfrak{p} \right]$

der Wert von $\beta = \infty$ sein, und (6) ergibt:

$$R \cdot dQ_v = c_v \cdot V_0 \cdot d\mathfrak{p} = c_v \cdot m \cdot R \cdot d\mathcal{J}$$

Fassen wir nun aber die allgemeine Versuchsanordnung ins Auge, dass der Druck des Gases ein Flüssigkeits-Niveau vertikal herabdrücke, und zwar in einem gewissen Momente um h_i . Dann ist bei dem Querschnitt dieses Gefässes gleich f_i

$$p = f_i \cdot h_i (7)$$

In dem kommunizierenden äusseren Steigrohre vom Querschnitt f_a wurde gleichzeitig das Niveau hinaufgedrückt um h_a . Es ist dann:

$$f_i \cdot h_i = f_a \cdot h_a (8)$$

Die Niveaudifferenz zwischen beiden Schenkeln folgt gleich $(h_i + h_a)$; nennen wir s das spezifische Gewicht der Flüssigkeit, so ist im gebräuchlichen technischen Gewichtsmass-System der Ueberdruck im Innern des Gases:

$$p = s \cdot (h_i + h_a)$$

und bei Benutzung von (8):

$$p = s \cdot \left(1 + \frac{f_i}{f_a}\right) \cdot h_i (9)$$

Hieraus und aus (7) folgt nach (4):

$$\beta = \frac{p}{v} = s \cdot \left(\frac{1}{f_i} + \frac{1}{f_a}\right) (10)$$

In diesem Ausdrucke kommen f_i und f_a ganz gleicherweise vor, sodass es also für den Vorgang ganz gleichbedeutend ist, ob ich das Gas auf einen grossen Querschnitt f_i abwärts drücken lasse und die Flüssigkeit in einem äusseren Steigrohre vom kleinen Querschnitt f_a in die Höhe getrieben wird. oder umgekehrt; wie auch leicht zu verstehen.

Ist entweder f_i oder f_a sehr klein, so wird nach (10) β sehr gross, und wir erhalten wie auf vor. S., letzte Zeile, den Grenzfall konstanten Volumens.

Kehren wir zurück zu beliebigem Querschnittsverhältnis $f_i : f_a$. Bei einer endlichen Gesamtausdehnung müssen wir die Gleichung (5) noch integrieren. Dazu schreiben wir sie:

$$R \cdot dQ = (c_v \cdot \beta \cdot V_0 + c_p \cdot p_0)dv + (c_v + c_p) \cdot \beta \cdot v \cdot dv$$

woraus durch Integration von $v = 0$ bis $v = \mathfrak{B}$:

$$R \cdot \int dQ = (c_v \cdot \beta \cdot V_0 + c_p \cdot p_0) \mathfrak{B} + \frac{1}{2}(c_v + c_p) \cdot \beta \cdot \mathfrak{B}^2 \quad (11)$$

Wenn c_p für das betreffende Gas bekannt ist, z. B. aus einem Versuche wie auf pag. 143 letzte Zeilen besprochen, so ergibt ein zweiter Versuch mit einer Versuchsanordnung wie die vorstehend besprochene aus Gleichung (11) den Wert von c_v . Und zwar mit um so grösserer Sicherheit, je grösser β und je grösser V_0 ist, da desto mehr die Glieder mit c_v den anderen gegenüber ins Gewicht fallen. Also muss man nach (10) am besten s gross, und sowohl f_i als f_a möglichst klein wählen.

Herr Dr. Oskar Richter, dem als Assistenten ich die Leitung der Arbeit von Herrn Karl Küster übertragen hatte, hat mir mitgeteilt, dass er nach der gemeinsamen Besprechung der zunächst projektierten Versuche unabhängig von mir auf den Plan ähnlich beabsichtigter möglicher Versuchsanordnungen mit Verwendung eines Flüssigkeitsmanometers gekommen sei, wie ich sie im Vorstehenden erwähnt habe. Ich habe ihm die Ausführung überlassen.

Weiter hielt Herr Wegener einen Projektionsvortrag über die Mylius-Erichsen-Expedition, an der er als meteorologischer Beobachter beteiligt gewesen war.

Aufgelegte Schriften:

- Un. States Geolog. Survey. Bulletin 352-355, 357-359, 361-367.
Water-Supply Papers No. 221 u. 226. Washingt. 1909.
" " " 29. annual Report. 1908.
" " " Mineral Resources. 1907, pt. I u. II. 1908.
" " " Professional Papers No. 58, 60, 61, 63. 1908
u. 1909.
- Missouri Bureau of Geology and Mines. Vol. V, 2. ser. u. vol. VI, 2. ser.
Rolla 1907.
- Memoirs Mus. Comparative Zoology. Harvard College, Bd. 37. Cam-
bridge 1909.
- Bulletin Mus. Compar. Zool. Harvard Coll. Bd. 52, No. 8, 1909.
- Brooklyn Institute Arts and Sciences. Cold Spring Harbor Mono-
graphs VII. Brooklyn 1909.
- Proceed. Boston Soc. Natural History. Bd. 34, No. 1—4. Boston
1907—1909.
- Boston Soc. Nat. Hist. Occasional Papers. No. 8, 9, 10. Boston 1908.
- Proceed. Ac. Natur. Sciences. Philadelphia. Bd. 60, 3 u. 61, 1. 1908
u. 1909.
- Proceed. Amer. Philosoph. Soc. Philadelphia. Bd. 47, No. 190. 1908.
- Proceed. Amer. Acad. Arts and Sciences. Bd. 44, Nr. 11—17. Boston
1909.
- Amer. Naturalist. Vol. 43, Nr. 509, 510. 1909.
- Field Columbian Museum. Public. 129, Bd. 3, No. 7. Chicago 1908.
- Field Museum of Natural Hist. Publ. 133, Bd. 3, No. 3. Chicago 1909.
- Journal Elisha Mitchel Scientif. Soc. Bd. 25, No. 1. Chapel Hill 1909.
- Bulletin Scientif. Laboratories. Denison University. Bd. XIV, Arts 6—10.
Granville, Ohio. 1909.
- Bullet. New York Publ. Library. Bd. 13, No. 5 u. 6. N. York 1909.
- University Studies, publ. by Univers. of Nebraska. Bd. 9, No. 1. Lin-
coln 1909.
- Canada Departement of Mines, Geological Branch: Collins: Prelim.
Report Gowganda Mining Division. Ottawa 1909.
- Dasselbe: Summary Report 1908. Ottawa 1909.
- Geological Survey of Canada.
1. Map of part of Hudson Bay. 1905.
 2. Geological Map of Hastings etc. Counties, Prov. Ontario.
 3. Shuswap Sheet, Brit. Columbia. Geolog. Karte. 1898.
 4. Dasselbe, topogr. Karte. 1898.
-

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der
gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

Nr 6

Juli

1909

In der Sitzung vom 28. Juli sprach Herr Bergengrün über:

„Epithelperlen“ und Epithelstränge in der Raphe des harten Gaumens.¹⁾

Meine Herren! Gestatten Sie mir, Ihnen in gedrängtester Kürze die Resultate von Untersuchungen vorzuführen, welche ich in letzter Zeit auf Anregung des Herrn Professor Beneke angestellt habe.

Sie betreffen jene kleinen Gebilde, die wir in der Raphe des harten Gaumens bei Embryonen und Neugeborenen als kleine gelbliche Knötchen wahrnehmen können.

Dieselben sind als „Epithelperlen“ (erstmalig von Reubold²⁾ anno 1854) beschrieben worden und als solche allgemein bekannt.

Makroskopisch erscheinen sie tatsächlich als Perlen, oder, wie Bohn³⁾ sagt, „wie unter das Epithel geschobene Getreidekörner“.

1) Erscheint ausführlich im Archiv f. Entwicklunsmeeh. von W. Roux.

2) Reubold: Beitr. z. Lehre von Soor. Virch. Arch. Bd. 7, 1854 S. 92.

3) H. Bohn: D. Mundkrankheiten d. Kinder. Cap. IV: D. Folliculartumoren. Leipzig 1866.

Sie haben die Grösse eines Mohn- oder Hirsekornes oder eines Stecknadelkopfes oder sind noch etwas grösser; — sie sind von gelbweisslicher oder grauweisser Farbe und festweicher Consistenz. Sie ragen oft ein wenig über das Niveau der Mucosa hervor und lassen sich nicht herausheben. — In das Gewebe der Raphe eingebettet, sind sie streng an die Mittellinie gebunden und erstrecken sich, vorne nahe dem foramen incisivum beginnend, in dem sie eine longitudinale Rosenkranzkette bilden oder als eine Reihe isolierter, hintereinander gestellter Knötchen (2—6), bis zur Grenze des harten und weichen Gaumens, wo diese Reihe gewöhnlich durch ein Conglomerat von mehreren confluierenden Perlen abgeschlossen wird.

In dieser Weise werden die „Epithelperlen“ von den wenigen Autoren, die sich mit ihnen befasst haben, im wesentlichen übereinstimmend beschrieben.

Auch darin sind fast alle einig, dass es sich hier um physiologische Gebilde handeln müsse, die aus dem Foetalleben stammen, und dass ihre Bildung intra vitam nicht vorkomme. Je jünger das Individuum ist, um so deutlicher und grösser sind diese Gebilde und um so zusammenhängender erscheint die Kette dieser Perlen; — je älter das Kind wird, um so spärlicher werden sie angetroffen; spätestens im Laufe des 3. Lebensjahres sind sie vollkommen verschwunden.

Im weichen Gaumen fehlen die Epithelperlen überhaupt immer.

Allgemein wird die grosse Häufigkeit ihres Vorkommens betont: Epstein¹⁾ vermisste sie makroskopisch in 18⁰/₁₀₀ der von ihm gesehenen Fälle, Bohn²⁾ in einer „an Ausnahme grenzenden Minorität.“

1) A. Epstein: Ueb. Epithelperlen in d. Mundhöhle neugeborener Kinder. Zeitschr. für Heilkunde Bd. I; S. 59—94, 1880.

2) a. a. O. S. 49.

Den eben skizzierten Angaben der Autoren muss ich mich im allgemeinen anschliessen; nur eine, aber wesentliche Einwendung habe ich zu machen: Es handelt sich hier nämlich **nicht** um **isolierte** Gebilde, **nicht um Perlen**, sondern um lange, zylindrische, **fortlaufende Stränge**, wie es sich mir aus einer Anzahl von Serienschnitten ergeben hat. Diese Stränge treten, da sie sich in vertikaler Richtung schlängeln, streckenweise so nahe an die Oberfläche, dass sie durch die Epitheldecke abgegrenzt hindurchschimmern: diese Teilstrecken erscheinen dann wirklich als rundliche oder ovale „Perlen“.

Meine in Serien geschnittenen zwölf Gaumenpräparate stammen aus der Zeit vom 5. Fötalmonat bis zum Lebensalter von 4 Jahren des Kindes. Das älteste Kind, in dessen Gaumennaht ich mikroskopisch noch Reste von Epithelsträngen nachweisen konnte, war $2\frac{1}{2}$ Jahre alt, während ich bei anderen, etwas jüngeren Kindern ($1\frac{1}{2}$ —2 jährigen) keine solche mehr finden konnte.

Ich will mir nun erlauben, Ihnen das allgemeine Ergebnis meiner Untersuchungen mitzuteilen und auf Einzelfälle nur einzugehen, wo es zum Verständnis des Ganzen nötig ist: eine genaue Beschreibung der einzelnen Fälle würde den Rahmen der mir zugemessenen Zeit in zu ausgedehnter Masse überschreiten.

Die erwähnten, im allgemeinen walzenförmigen Stränge weisen die **Zusammensetzung** des Oberflächenepithels auf: Basale Zylinderzellenzone, — Stratum Malpighi von polygonalen Zellen, — und Hornzellenschicht in der Achse des Stranges; deshalb können wir sie Epithelstränge nennen. Dieselben erstrecken sich, wie erwähnt, in der Gegend des *foram. incisivum* beginnend, in sagittaler Richtung, die Mittellinie innehaltend, nach hinten bis zur Grenze des *palat. durum et molle*.

Ihr im allgemeinen kreisrunder oder ovaler Querschnitt weist oft unvermittelte Aenderungen in der Form auf:

Vorsprünge, Spitzen und Ecken; die Gestalt einer solchen Epithelscheibe, d. h. des Strangquerschnittes, geht oft plötzlich aus der Kreisform in die Eiform über; auch die Achse des Durchschnittes ändert sich oft, indem sie allmähig oder mehr unvermittelt aus der vertikalen in die horizontale Ebene umspringt. So entstehen Knickungen, Buchten und Schlängelungen.

Die Stränge können einfach oder verästelt sein; sie können sich in zwei oder mehrere Züge teilen, die sich wieder vereinigen. Dieses kann sich an einem Strange mehrfach wiederholen. — Es gehen aber auch oft Aeste von einem Stamme ab, die als freie Ausläufer, meist zu feinen dünnen Epithelfäden ausgezogen, ganz spitz, — selten kolbig breit, — frei im Bindegewebe endigen.

Die Aeste gehen der Regel nach unter sehr spitzem Winkel vom Stamme ab, — selten mehr stumpfwinklig oder bogenförmig; in jedem Falle aber biegen sie möglichst bald in die Mittellinie ab, um mit dem Mutterstrange parallel in der Raphe zu verlaufen.

Die Epithelstränge stehen mit dem epithelialen Integument der Raphe in organischem Zusammenhange vermittelt besonders gestalteter Verbindungsbrücken, nämlich taschen- oder trichterförmiger Einstülpungen der Raphe-Epitheldecke. Sehen wir an einer Stelle eine Epithelscheibe frei im subepithelialen Bindegewebe über dem Integument liegen, so nähert dieselbe sich dem letzteren in den folgenden Schnitten bis zu tangentialer Berührung der basalen Zylinderzellenzonen der Scheibe und der Decke; weiter verbinden beide sich miteinander organisch derart, dass die Basalzone und Polygonalschicht kontinuierlich von der Decke her, die Scheibe umgreift, mit Ausnahme des erwähnten tangentialen Berührungspunktes: hier öffnet die Epitheldecke sich von oben her und stellt auf diese Weise eine freie Kommunikation des Scheibenzentrums mit der Aussenwelt, hier dem *cavum oris*, her: aus der Oeffnung

einer so entstandenen Ω förmigen Einstülpung des Epithels entleert sich der axiale Inhalt des Stranges, die Masse der verhornten Zellen, nach aussen, wie etwa eine Feuerflamme aus dem Schlot. Bald schliesst sich (nach 10—100 μ), die Oeffnung wieder, — und wir haben eine kleinere oder grössere Krypte mit steilem oder flacherem Randabfall vor uns. Die Anzahl dieser Ω -förmigen Krater betrug in meinen Fällen 2—10 an einem Gaumen; in den jüngeren Entwicklungsstadien mehr, in den älteren weniger an Zahl, verschwinden sie bei den ältesten Individuen ganz. — Ich fand diese Verbindungsbrücken ausschliesslich in der vorderen Hälfte des harten Gaumens. — Klaffend erhalten wird ihr lumen durch die dasselbe beständig passierenden Hornzellen.

Betrachten wir nun die nächste Umgebung der Epithelstränge, so fällt uns eine in allen Fällen ganz konstante Beziehung in die Augen, welche sie zu dem bindegewebigen Teil der Raphe haben.

Der Querschnitt des fötalen oder jugendlichen palatum durum zeigt uns im allgemeinen folgende Verhältnisse, wie ich sie hier schematisch angebe:

Sie sehen hier die bindegewebige Raphe: eine Bindegewebsplatte, die sich als schmales Band in der Mittellinie von der verdünnt und wie gereckt erscheinenden und der Zapfenbildung entbehrenden Epitheldecke zwischen die Gaumenplatten bis zum Septum narium erstreckt; Fortsätze gehen von ihr ab und umgreifen zangenartig das Septum und die Gaumenplatten. In diese Bindegewebsplatte eingebettet findet sich die Epithelscheibe (vergl. Fig. 1) genau in der Mittellinie.

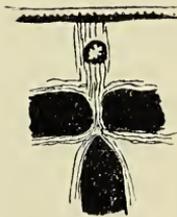


Fig. 1.

In einzelnen Fällen wird die Scheibe von besonderen Zellzügen, die der bindegewebigen Raphe entspringen und die von dem übrigen Bindegewebe des Gaumens scharf ab-

gegrenzt sind, kreisförmig oder in Gestalt eines Dreiecks, — manchmal nur in ihrer oberen Peripherie halbkreisförmig, umschlossen.

Wohl zu unterscheiden von diesen der bindegewebigen Raphe angehörenden Zellzügen sind fibröse Scheiden, die sich vielfach in grösseren Strecken eng den Epithelsträngen anlagern und als „tunica propria“ derselben erscheinen: während der bindegewebige Grundstock der Gaumennaht in meinen jüngeren Präparaten noch ein lockeres, embryonales Gefüge besitzt, zeigt diese Strangscheide ein differenziertes, festes Bindegewebe von deutlich fibrillärem Bau. Diese fibröse Scheide ist wohl als das Produkt jener den Epithelzellen vererbten, eigentümlichen, formativen Kraft aufzufassen, welche beim Aufbau der Organe von den Epithelien ausgeht und die mit ihm zusammentreffenden Gewebe formend und umbildend beeinflusst. Die von der bindegewebigen Raphe ausgehenden, die Stränge mehr oder weniger vollständig umschliessenden Zellzüge haben mit jenen Scheiden nichts gemein.

Aber auch dort, wo die scharfe Ausprägung dieser Einkreisung fehlt, ist die Beziehung des Stranges zur bindegewebigen Raphe immer dieselbe: er erscheint in die von der unteren Kante des Vomer zum epithelialen Nahtverschluss ziehende bindegewebige Raphe eingebettet, gleichlaufend mit ihr, von vorne nach hinten ziehend und von vorne nach hinten sich vergrößernd und seine Aeste ausbreitend, so dass ein Ausweichen aus der bindegewebigen Raphe zur Seite im Verlauf des eigentlichen Stranges nicht stattfindet, — nur an seinem Hinterende zeigen die Abzweigungen gelegentlich seitlich angeordnete Gruppierung, symmetrisch zu beiden Seiten und in möglichster Nähe der Mittellinie.

Hier, m. H.! sehen Sie die Abbildung eines nach der Born'schen Plattenmethode¹⁾ gefertigten Wachsmodells

1) G. Born, Arch. f. mikroskop. Anatomie. Bd. 22, S. 584, 1883.

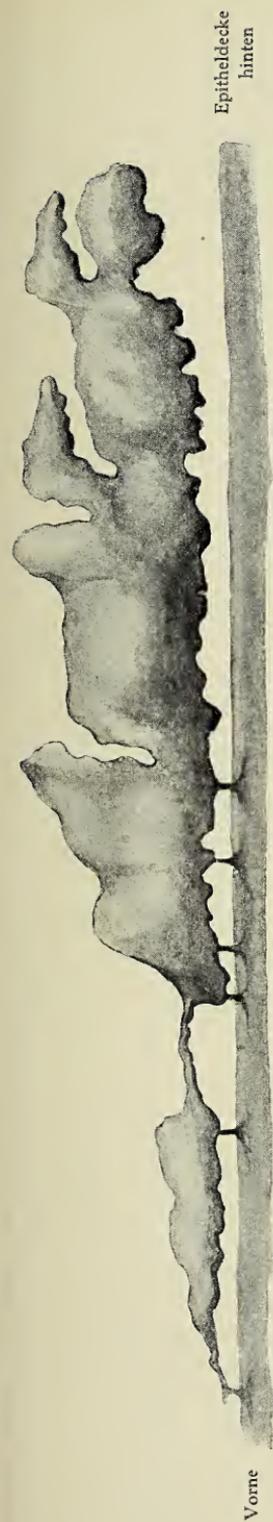


Fig. 2.
Wachsmoell eines Epithelstranges; natürl. (Grösse 3,05 mm.)



Fig. 3.
Medianschnitt durch das Modell.

von einem Epithelstrange. Dasselbe ist, mit Weglassung aller feineren Details, wie Zacken und Vorsprünge, halb-schematisch angefertigt, um eine körperliche Vorstellung des Stranggebildes zu geben (Fig. 2).

Fig. 3 zeigt die Abbildung eines auf Millimeterpapier gezeichneten Medianschnittes vom selben Wachsmo-
dell, sowie die Verhältnisse des Stranges in seinen Beziehungen zum Integument und zu seinen Verzweigungen.

In natura betragen die Masse:

Länge des Strangstückes	3,05 mm
Dicke des Oberflächenepithels	0,03—0,05 „
Abstand des Stranges von der Decke.	0,01—0,17 „
Dicke der Scheiben	0,02—0,6 „
Grösste Tiefe einer Epitheleinstülpung	0,5 „

Ueber einen Epithelstrang aus einem anderen Objekt will ich nur kurz folgendes berichten: Seine Länge beträgt, soweit er in die Schnittserie gefallen ist, 4,46 mm, seine Gesamtlänge dürfte ungefähr $\frac{1}{2}$ cm ausmachen. Das Stranggebilde breitet sich mit seinen Aesten von vorne nach hinten aus; — an der Grenze zwischen hartem und weichem Gaumen finden sich bis zu sieben Epithelscheiben resp. Stränge auf einem Durchschnitt: das ist die Stelle, wo makroskopisch das Knötchenkonglomerat die longitudinale Kette abschliesst. Sie alle gruppieren sich möglichst nahe zur Mittellinie.

Ein wesentlicher Gesichtspunkt für die gleich zu besprechende Genese der Epithelstränge ergibt sich ferner aus der Betrachtung der Querschnitte in allen meinen Präparaten in dem Verhalten der Stränge zu den Drüsen. Nirgends lässt sich ein Zusammenhang zwischen beiden nachweisen: wo Strang und Schleimdrüse ein Mal einander räumlich nahe rücken, sehen wir, dass der Strang den Drüsengang von sich abwehrt, ihn umbiegt, aber an keiner Stelle gehen sie irgend eine Vereinigung mit einander ein.

In keinem Schnitte finden sich irgend welche Drüsenbestandteile in dem Stranggewebe.

Genese des Epithelstranges.

Um die Bildung dieser Formen zu verstehen, müssen wir versuchen, uns über die Genese des Epithelstranges klar zu werden. In der Litteratur finden wir zumeist die Ansicht vertreten, dass die „Epithelperlen“ Retentionscysten seien, die aus Schleimdrüsen hervorgingen.

Soviel diese Anschauung äusserlich auch für sich zu haben scheint, so sprechen doch folgende Umstände, die schon 1880 von Epstein¹⁾ betont wurden, dagegen: 1) kommen „Epithelperlen“ — also die Stränge, — nur in der Raphe oder in ihrer nächsten Nähe vor, woselbst es keine Drüsen giebt; 2) werden (nach Kölliker) die Drüsen im vierten Fötalmonat gebildet, während Epstein bereits im dritten Monat „Epithelperlen“ fand; 3) werden, was auch die älteren Autoren zugeben, niemals irgendwelche Drüsenpartikel in diesen Epithelgebilden gefunden. Epstein vertrat dagegen folgende Anschauung: die Epithelsäume der Gaumenplatten legen sich bei der Nahtvereinigung longitudinal aneinander, wobei sich varicöse Ausbuchtungen bilden, — über diesen schliesst sich die Naht, und in diesen eingeschlossenen Hohlräumen werden die älteren Zellen bei weiterer Proliferation durch Apposition dem Zentrum zugedrängt, woselbst sie verhornen.

Gegen diese Theorie spricht aber der Umstand, dass sich die Epithelstränge ausschliesslich im harten Gaumen finden: Denn, da wir wissen, dass die Gaumenspalte sich zuerst vorne und zuletzt hinten schliesst, müssten die Inclusionen doch am kräftigsten und frischesten hinten, also im weichen Gaumen zu finden sein. Dies ist aber nicht der Fall; hier fehlen sie immer, — ebenso wie an den

1) a. a. O. S. 66.

Nähten anderer einfacher Weichteile, z. B. am Scrotum. Das deutet doch schon a priori darauf hin, dass zur Bildung von Epithelsträngen das einfache Zusammentreten zweier Weichteilplatten nicht genügt: es muss noch etwas anderes hinzukommen, das die Bildung und das Wachstum solcher Stränge begünstigt.

Fehlt mir nun auch zu meinem Bedauern das Material aus den jüngsten Entwicklungsstadien, um Ihnen über die Verhältnisse der ersten Anlage der Epithelstränge aus direkter Anschauung der anatomischen Tatsachen berichten zu können, so lassen sich doch auch aus meinen Serien sehr wohl Schlüsse auf die Anfangsstufen und die weitere Entwicklung dieser Gebilde ziehen:

Ich muss annehmen, dass die **Wachstumsbegünstigung** für den Epithelstrang **räumlicher Natur** ist und dass sie durch einen aus zwei Komponenten zusammengesetzten **Zug** geschaffen wird, welcher auf den Strang in der Richtung nach **hinten** und nach **oben** einwirkt. —

Dass die Strangbildung von vorne nach hinten sich entwickelt, zeigen unsere Abbildungen deutlich; diese ihre Verlaufsrichtung ist offenbar abhängig von dem Zuge, der das umgebende Bindegewebe anspannt; dieser Zug aber wird durch das sich von vorn nach hinten bewegende Längenzwachstum des ganzen Gaumens bewirkt. —

Der Zug nach oben geht von dem Nasenseptum aus und wird durch die den Strang bergende bindegewebige Raphe vermittelt, welche die Innenseiten der Gaumenplatten und die epitheliale Raphe mit dem Septum verbindet: dieses spielt dabei sozusagen die Rolle des festen Punktes, zu dem die Gaumenplatte, sowie auch der Strang, hinaufgezogen wird. Durch diesen Zug wird nun in der epithelialen Raphe eine Art Entspannung zu Wege gebracht: ein Teil des hier in grossem Ueberschuss vorhandenen Zellenmaterials senkt sich in die Tiefe und liegt, — nach meiner Vorstellung, an-

fangs in flächenhaftem Zusammenhange mit dem Epithel der Raphe, — in ganzer Länge dicht unter der letzteren.

Derselbe Zug fixiert den Strang an die bindegewebige Raphe, sodass das wachsende umgebende Bindegewebe sich nicht zwischen beide eindringen kann: so wird der Strang in der Tiefe zurückgehalten. —

Der Zug nach hinten aber verbietet zu gleicher Zeit dem Strang und seinen Aesten ein Ausweichen zur Seite hin: daraus erklärt sich sein sagittaler Verlauf in der Mittellinie.

Demnach wäre denn das Septum narium (Vomer) ein wesentliches Bedingniss für die Anlage, Entwicklung, Lagerung und Konfiguration des Epithelstranges und seiner Aeste.

Rückbildung des Epithelstranges.

Die Entwicklung der Epithelstränge steht zum Alter des Kindes in umgekehrt proportionalem Verhältnis: je jünger das Kind, um so kräftiger sind die Strangbildungen ausgesprochen.

Spätestens im Laufe des 3. Lebensjahres, — in der Regel aber schon früher, — ist der Strang bis auf den letzten Rest verschwunden.

Wie kommt nun der Schwund der Epithelstränge zu Stande?

Wir können mit Wilhelm Roux¹⁾ zwei „Kausale Hauptperioden“ des embryonalen Lebens annehmen. 1. die Periode des „embryonalen Wachstums $\alpha\delta\tau' \xi\xi\sigma\chi\eta\nu$ “, in der die erste Anlage und Formgestaltung der Organe geschieht ohne eine sonstige besonders hervortretende Funktion der Zellen und 2. die Periode der „funktionellen Gestaltung“ welche „durch die Ausübung der eigenen Funktion

1) Wilh. Roux: Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik, Heft I 1905, S. 94 ff.

der Organe“ geschieht und charakterisiert ist. Diese beiden Perioden sind nicht scharf von einander getrennt, sie gehen vielfach in einander über und können in den verschiedenen Zellen und Zellgruppen zu ganz verschiedenen Zeiten zur Geltung gelangen; sie können auch nebeneinander bestehen, indem die eine Periode allmählig abklingt, während die andere gleichzeitig schon in den Vordergrund zu treten beginnt.

In der ersten dieser Perioden bildete sich der Strang durch die seinen Zellen, wie denen des übrigen Epithels vererbten embryonalen Wachstumsenergie. Die Wachstumsenergie ist in allen Zellen die gleiche, ob sie nun der allgemeinen Decke, dem Rapheepithel oder dem Strange angehören. Dass sie in den Strangzellen eine pathologisch gesteigerte sei, haben wir keinen ersichtlichen Grund anzunehmen, — auch nicht angesichts der so sehr kräftigen Entwicklung der Stränge.

Diese Energie selbständigen Wachstums dokumentieren die Elemente des Stranges in mannigfacher Weise: die vollwertige Ausbildung der Einzelzelle, sowie die histologische Zusammensetzung des Stranges und die Produktion des physiologischen Endstadiums der Epithelien, der Hornschüppchen unter Bildung von Keratohyalin, — ebenso die starke kleinzellige, reaktive Wucherung des umliegenden Bindegewebes nebst Gefässbildung, — alles das sind Zeichen dafür. Wie gross die Kraft der Stränge unter Umständen sein kann, mit der diese ihren Platz zu erobern und zu behaupten wissen, zeigte mir in einer grösseren Reihe von Schnitten die Bildung von Osteoklasten und Howshipschen Lakunen des Gaumenknochens an solchen Stellen, wo dieser dem Drucke des wachsenden Stranges ausgesetzt war. —

Endlich findet die Wachstumsenergie auch noch einen Ausdruck in dem Einfluss, den die Stränge auf die Plastik der äusseren Raphe auszuüben im Stande sind. In manchen Fällen und in sehr zahlreichen Schnitten ist die äussere Konfiguration der Raphe in minutiösester Weise von

der Form und Grösse, von der räumlichen Nähe und der Oberflächengestalt des Epithelstranges abhängig; in anderen Fällen liessen sich solche Beziehungen hingegen durchaus vermissen. Zur Aufstellung einer festen Regel über die Abhängigkeit der Plastik der Raphe vom Epithelstrang wäre eine grössere Reihe von Untersuchungen erforderlich. —

Die Wachstumskraft der Strangzellen erlahmt nun, wie wir annehmen müssen, zu einer gewissen Zeit, die Ap-
position neuer Zellen bleibt aus und demgemäss ist, — bei kräftigen Kindern früher, bei schwächlichen später, — bei Neugeborenen und mehrmonatlichen Kindern die Hornzellenbildung im Gaumenstrange nur noch eine ganz spärliche, oder sie fehlt bereits ganz. An Stelle walzenförmiger Stränge haben wir in diesen älteren Stadien flache Epithelbänder vor uns, die ganz kurz und unverästelt sind. Die Ω -förmigen Oeffnungen der Decke flachen ab, erscheinen nur noch als seichte Dellen und verschwinden dann: sie haben nun keinen Zweck mehr, da die Hornmassen fehlen, zu deren Entleerung sie dienten, und da nun auch der sie einstülpende Zug der wachsenden Stränge ausbleibt, so füllen sie sich allmähig aus. Dagegen bildet nun die Mucosa im Gebiete der Raphe-epithele auch Papillen, und die kurzen Stränge erweisen sich nur noch als Fortsetzungen der jetzt hier auftretenden Zapfen des Epithels. — Kurz, die Weiterentwicklung der eigentlichen Epithelstränge hat aufgehört. Die einmal gebildeten aber verfallen der Rückbildung und Resorption: Die erste Hauptperiode des ersten Wachstums ist in den Hintergrund getreten zu Gunsten der zweiten Periode, des Stadiums der Funktion. Das ist der Wendepunkt im Geschick des Epithelstranges: das Bleibende, Leistungsfähige entwickelt sich zu feinerer Ausgestaltung — das funktionell Minderwertige muss verschwinden, dem Kausalgesetze der Inaktivitätsatrophie gehorchend. Das Gaumenepithel übernimmt die Leistung des Schutzes und der Auskleidung mit all den dazu gehörenden physikalischen und chemischen Aufgaben, — das

Strangepithel dagegen erscheint jeder physiologischen Funktion entrückt: damit fehlt ihm jeder weitere Anreiz als Bedingung seiner Existenz; da auch seine embryonale Wachstumsenergie erloschen ist, so muss er aus innerer Notwendigkeit der Atrophie und Resorption, d. h. völligem Schwunde anheimfallen.

Die Rückbildung der Epithelstränge beginnt schon zu sehr früher Zeit. Ein Gaumenpräparat aus dem 5. Fötalmonat zeigte mir bereits vielfach Abschnürungen, d. h. Unterbrechung der Kontinuität des Epithelstranges, feinfädige Ausziehungen und Spitzen an den Strangenden; diese feinen Spitzen deuten auf Abschmelzung des Epithels hin; sie werden, wie alle verdünnten Strangpartien, durch Bindegewebe mehr und mehr ersetzt.

Der Vorgang der Abschnürung war es, der dem — wie ich es mir denke — anfänglich flächenhaft dem Rapheepithel verbundenen Strange jene Form gab, die Sie im Modellbilde sahen: es ist in der Hauptsache noch immer ein einheitlicher Strang, aber nur noch durch einzelne Verbindungsbrücken mit dem Mutterboden vereinigt; in grossen Strecken hat sich Bindegewebe zwischen beide geschoben und die ursprünglich flächenhafte Verbindung durchlöchert. Unter immer fortschreitender Aufteilung und Verdünnung des Stranges verschwindet derselbe endlich ganz und gar.

Nicht so einfach wie die Auflösung der lebenden Strang-elemente vollzieht sich die Elimination der toten Massen, der Hornzellen. Ein Teil von ihnen wird ja wohl zum Beginn der Rückbildung des Stranges noch durch die Ω -förmigen Krateröffnungen entleert werden können, — aber gewiss doch nur der kleinste Teil!

An zwei Präparaten konnte ich in meinen Serien nun den Weg sehen, auf dem auch die Hornmasse der Resorption zugänglich gemacht wurde.

Im ersten Falle ist das stratum germinativum so atrophisch geworden, dass es, offenbar dem Innendrucke der

axialen Hornmasse nachgebend, an mehreren Stellen platzte: hier treten nun die Hornschuppen in unmittelbaren Kontakt mit dem Bindegewebe; dasselbe reagiert auf den Reiz dieser Fremdkörper durch Bildung von Riesenzellen und Lymphozyten, welchen die Fortschaffung der Hornschüppchen obliegt.

Einen ganz ähnlichen Vorgang der Ruptur hat Professor Beneke¹⁾ bei *Cholesleatoma cerebri* beobachtet, wo sich auch massenhafte Riesenzellen zur Resorption des Geschwulstinhaltes einfanden.

Im zweiten Falle fehlten bei mir die Riesenzellen; dafür traten aber die Lymphozyten in solcher Menge auf, dass schliesslich am Ende des Stranges, an welchem hier die Berührung von Horn- und Bindegewebszellen stattfand, ein richtiger Follikel lymphozytären Gewebes zu sehen war.

Warum sich dieser Resorptionsweg für die Hornzellen in 12 Schnittserien nur zwei Mal finden liess, ist eine Frage, die ich Ihnen nicht beantworten kann. Sie erweckt die Vermutung, dass es doch noch andere, der direkten Beobachtung weniger leicht zugängliche Wege geben müsse, auf dem die Hornzellen den Körper verlassen können. —

Zum Schlusse will ich das Hauptergebnis meiner Untersuchung in zwei Sätzen zusammenfassen:

1. Ich habe die Ueberzeugung gewonnen, dass die Epithelstränge in der normal geschlossenen Raphe des harten Gaumens regelmässig bei jedem menschlichen Embryo vorkommende Gebilde sind.

Wie die Epithelverhältnisse in den Rändern einer Gaumenspalte liegen, darüber besitze ich keine Erfahrung.

1) R. Beneke: Zur Frage der meningealen Cholesleatome, Virch. Arch. Bd. 149, S. 95 ff. 1897.

Ich glaube indessen, dass hier keine Stränge zu finden sein werden, da, wie ich anführte, meiner Ansicht nach das Septum narium eine wesentliche Rolle bei der Anlage und Entwicklung der Stränge spielt: der vom Vomer ausgehende Zug auf die Raphe fällt hier eben fort.

2. Der Schwund der Epithelstränge ist ein absoluter.

Bedarf der erste Satz noch der Bestätigung durch eine grössere Reihe von Untersuchungen und hätte derselbe dann wohl ausschliesslich entwicklungsgeschichtliche Bedeutung, so kommt dem zweiten ein mehr oder weniger praktisches Interesse zu: denn er enthält die Bestätigung und Begründung der Erfahrungstatsache, dass in der Raphe des harten Gaumens keine (oder doch nur sehr selten) Tumoren, zumal epithelialer Natur, angetroffen werden.

Dieses Faktum aber festzustellen, ist, meine ich, nicht unwichtig, besonders der Ribbert-Cohnheimschen Geschwulsttheorie gegenüber. Wenn diese lehrt, dass das primum movens bei der Karzinombildung die Verlagerung epithelialer Keime sei, welche sich sekundär pathologisch verändern, so widerspricht solcher Anschauung die Erfahrung, welche ich mit meinen Epithelsträngen machte. So zahlreiche Abschnürungen von Epithelzellgruppen, wie sie die Rückbildungsstadien der Stränge zeigen, wie sie ebenfalls Robert Meyer beim embryonalen Uterus im Anschluss an die Verschmelzung der Müllerschen Gänge beobachtet hat, müssten nach Ribbert unbedingt zu Prädilektionsstellen für Krebsbildung werden: dagegen wissen wir aber, dass weder aus den Robert Meyerschen Zellgruppen, noch aus meinen Epithelsträngen sich Tumoren in einer der Häufigkeit dieser Absprengungen auch nur annähernd entsprechenden Zahl entwickeln. — Die Zellverlagerung als primäre Ursache genügt also offenbar nicht für die Erklärung der Genese von Tumoren. Vielmehr müssen wir uns Hanse-

man n¹⁾ anschliessen, wenn er sagt: „Die Zellveränderung betrachten wir als das Primäre bei der Karzinombildung und durch diese Veränderung werden die Zellen befähigt, falls sie abgeschnürt werden, in der Tiefe und nach der Tiefe weiter zu wuchern.“ Auch haben Hauser, Hansemann und Beneke darauf hingewiesen, dass das Wesentliche in dem Charakter der Tumorzellen nur eine über die physiologische Norm gesteigerte Wachstumsfähigkeit etwa verlagerteter Zellen — bei gleichzeitig fehlender oder stark herabgeminderter funktioneller Differenzierung derselben — sein könne. Diese pathologisch gesteigerte Kraft gibt den Tumorzellen die Möglichkeit, im Raumkampfe mit den funktionell hochwertigen, kräftigen Zellen der Nachbargewebe zu bestehen und zu siegen.

Ich muss mir ein näheres Eingehen auf dieses hochinteressante Problem leider versagen, möchte aber doch nicht unterlassen, an dieser Stelle auf die eingehende Erörterung hinzuweisen, welche diese Frage durch Professor Beneke²⁾ in dessen Arbeit über das Wesen der Abschnürung erfahren hat. —

1) Hansemann: Die mikroskop. Diagn. d. bösart. Geschwülste. 2. Aufl. Berlin 1902.

2) R. Beneke: Die Entstehung der kongenitalen Atresie der grossen Gallengänge; nebst Bemerkungen üb. den Begriff der Abschnürung. Programmschrift z. feierl. Einführung d. neuen Rektors d. Universität Marburg, 1907, bei Joh. Aug. Koch.

Weiter sprach Herr E. Take:

Ueber die Verwendung magnetisierbarer Heusler'scher Schmiedebronzen in elektrischen Messinstrumenten.

Im Jahre 1898 entdeckte Herr Dr. Fr. Heusler¹⁾ die nach ihm benannten ferromagnetisierbaren ternären Manganlegierungen, die bekanntlich aus Mangan, Aluminium und Kupfer zusammengesetzt sind. Die Hoffnungen, welche sich bezüglich ihrer technischen Anwendbarkeit an diese Bronzen knüpfen liessen, blieben bisher unerfüllt. Neuerdings jedoch haben die wissenschaftlichen Untersuchungen der Heusler'schen Legierungen zu Resultaten geführt, welche die Verwendung der Bronzen beim Bau gewisser Messinstrumente als vorteilhaft erscheinen lässt.

Herr Fr. Heusler²⁾ fand nämlich im Jahre 1905, dass gewisse kupferreiche Aluminium-Manganbronzen von relativ noch sehr hoher Magnetisierbarkeit sich schmieden lassen; zugleich zeigte er, wie es möglich sei, speziell bei diesen Schmiedebronzen durch entsprechende thermische Behandlung die Hysterese ganz beträchtlich zu verkleinern, oder auch wieder zu vergrössern.

Diese qualitativen Beobachtungen Heuslers wurden dann — unter Leitung von Herrn Professor Dr. Richarz — von Herrn Asteroth³⁾ durch eine Reihe von quantitativen Versuchen bestätigt:

Erhitzen über den magnetischen Umwandlungspunkt, möglichst schnelles Abschrecken und Altern bei 140° ergibt eine Abnahme der Koerzitivkraft und Hysterese.

1) Fr. Heusler, Verh. d. D. Physik. Ges. **5**, S. 219 (1901), 1903.

2) Fr. Heusler, Marburger Sitzungsberichte November 1905.

3) P. Asteroth, Inaug.-Diss. Marburg 1907; Verh. d. D. Physik. Ges. **10**, S. 21—32, 1908; Naturw. Rundsch. **23**, S. 249—250, 1908.

Erhitzen über den magnetischen Umwandlungspunkt, langsames Abkühlen und Altern bei 140° vergrössert Koerzitivkraft und Hysterese, und zwar um so mehr, je länger die Dauer der Abkühlung gewählt wird.

Zugleich ergab sich, dass die obigen Eigenschaften im wesentlichen an die weicheren, schmiedbaren Bronzen geknüpft sind.

Hiermit ist also die Möglichkeit gegeben, die Hysterese einiger weicheren schmiedbaren Aluminium-Manganbronzen innerhalb gewisser Grenzen nach Belieben zu verändern. Dabei lassen sich diese Grenzen, wie schon Asteroths Versuche z. T. zeigen, wider Erwarten äusserst weit nach beiden Seiten hinauschieben. Für das folgende interessiert uns nur die untere Grenze. Die minimalsten Werte, die hier bisher erhalten wurden, zeigte die von Asteroth untersuchte Legierung mit 16,9 % Mn und $\sim 9,0$ % Al. Erhitzt man diese Bronze etwa $20-30^{\circ}$ über ihren magnetischen Umwandlungspunkt — derselbe liegt bei etwa 220° — schreckt sie schnell in Quecksilber ab und altert sie dann noch einige Stunden bei 140° , so ist die Hysterese dieser Legierung sozusagen gleich Null; die Koerzitivkraft beträgt nur noch 0,1 Gauss, bei einer maximalen Magnetisierungs-Intensität von 190 absoluten Einheiten, während z. B. die Koerzitivkraft des magnetisch weichsten Eisens, des sogenannten „legierten Dynamoblechs“,¹⁾ bei gleicher maximaler Magnetisierung immerhin noch 0,47 Gauss beträgt, also rund fünfmal soviel.²⁾ Zugleich sei erwähnt, dass

1) vgl. F. Siegwart, Experimentelle Untersuchung der magnetischen Eigenschaften einer Eisenlegierung der Firma Kapito und Klein. Inaug.-Diss., Zürich 1907, S. 26.

2) Bei orientierenden Versuchen in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt über den Einfluss des Ausglühens an gewöhnlichen Stahlguss- und Dynamoblechsarten gelang es, gewöhnliches käufliches Material soweit zu verbessern, dass die Koerzitivkraft für eine maximale Induktion $\mathfrak{B} = 10000$ nur noch 0,37 Gauss betrug, während die entsprechenden Werte bei vorzüglichem unlegiertem Material bisher 0,7 bis 1,0 waren. Indessen hat aber das Material durch längeres Liegen einen, wenn auch kleinen,

durch die thermische Behandlung die Grösse der Magnetisierbarkeit sich sozusagen nicht ändert.

In den Heusler'schen Schmiedebronzen besitzen wir also ein verhältnismässig stark magnetisierbares Material, welches durch besondere thermische Behandlung in einen nahezu hysteresefreien Zustand versetzt werden kann. Dass dies für die Technik unter Umständen von grosser Bedeutung, leuchtet ohne weiteres ein.

Unter den mehr technischen Messinstrumenten gibt es verschiedene, welche in ihrem Inneren einen Kern aus Eisen enthalten und deren Wirkung auf der Magnetisierung dieses Eisenkernes beruht. Ich will mich hier auf die bekannten Ampèremeter und Voltmeter beschränken, in denen die anziehende Wirkung benutzt wird, welche eine von einem Strom durchflossene Drahtspule auf einen Eisen-Kern ausübt. Dass bei diesen Instrumenten die Hysterese des Eisenkernes unter Umständen eine fehlerhafte Einstellung bedingen muss, leuchtet ohne weiteres ein. Schickt man nämlich einen Strom von bestimmter Stärke durch ein solches Ampèremeter bzw. Voltmeter, so wird die Einstellung an einem solchen Instrument verschiedene Werte ergeben, je nach dem Hysteresezweig, längs welchem sich bei der Stromeinstellung die Magnetisierung des Eisenkernes bewegt. Letztere hängt aber ihrerseits von der Vorgeschichte der Magnetisierung des Kernes ab, und somit variiert auch eine jede Einstellung mit dieser Vorgeschichte.

Nun kann man zwar jedesmal bei Beginn einer neuen Messungsreihe diese Vorgeschichte der Magnetisierung des Eisenkernes eindeutig festlegen, und zwar:

1. Durch Entmagnetisierung des Eisenkernes mittels „abnehmender Kommutierungen“;
2. indem man einfach die Maximal-Stärke, die das Instrument anzeigt, mehrmals durch stetige Variierung eines Widerstandes ein- und ausschaltet;

Teil seiner vorzüglichen Hysterese-Eigenschaften wieder eingebüsst. Vgl. Gumlich und Vollhardt, Ztschr. f. Instr.-Kunde **28**, S. 157, 1908.

3. indem man die Maximal-Stromstärke, die das Instrument anzeigt, einschaltet, diesen Strom eine gerade Anzahl von Malen durch stetige Aenderungen kommutiert und dann ausschaltet.

Wenn man nunmehr eine Messungsreihe vornimmt, so erhält man in jedem der 3 obigen Fälle Einstellungen entsprechend einem genau definierten Hysteresiszweig des Kernes, aber auch nur solange, als die Stromstärke stetig zunimmt; sobald dieselbe wieder abnimmt, ergeben sich Einstellungen entsprechend irgend einem anderen Hysteresiszweig.

Wie gross die hier auftretenden Differenzen in der Einstellung unter Umständen sein können, ersieht man aus den Angaben in den Tabellen I bis III, welche sich bei der Messung an drei im hiesigen physikalischen Institute vorhandenen Ampèremetern ergaben. Bei diesen Aufnahmen wurde die Magnetisierung des Eisenkernes nach dem 2. bzw. 3. oben angegebenen Verfahren zunächst eindeutig festgelegt; Verfahren 3 ergibt dabei zugleich die grössten Differenzen der Einstellung, die bei dem betreffenden Instrument überhaupt vorkommen können.

Tabelle I
Demonstrations-Ampèremeter; Bereich 0—10 Amp.

Magn. Vorgeschichte festgelegt nach Verfahren 3		
Einstellung		Unterschied der Einstellung in Proz.
steigend	fallend	
1.00	1.45	45
2.00	2.40	20
3.00	3.45	15
4.00	4.45	11
5.00	5.40	8

Aus diesen Tabellen ersieht man also deutlich, dass die Ablesung an einem solchen Instrument im allgemeinen eine recht zweifelhafte ist. Für die Technik mögen die hier auftretenden Fehler vielleicht ohne Belang sein, indessen finden sich solche Messinstrumente vielfach auch in unseren wissenschaftlichen Instituten, und wenngleich bei allen genaueren Messungen natürlich nur hysteresefreie Ampèremeter Verwendung finden, so wäre es doch erwünscht, wenn auch die gewöhnlichen Ampèremeter bzw. Voltmeter in Bezug auf Hysterese-Freiheit verbessert werden könnten.

Herr Professor Richarz¹⁾ veranlasste mich nun, in solchen Ampèremetern bzw. Voltmetern den Eisenkern einmal durch eine möglichst hysteresefreie Heusler'sche Schmiedebronze zu ersetzen. Herr Dr. Heusler stellte mir zu diesem Zwecke einige neue Proben freundlichst zur Verfügung, wofür ich ihm auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank aussprechen möchte. Nach einigen Versuchen gelang es, eine dieser Proben ziemlich hysteresefrei zu machen, indem die Bronze auf rund 800^o erhitzt, in Quecksilber abgeschreckt und dann noch ca. 24 Stunden bei einer Temperatur von 140^o gealtert wurde. In dem Demonstrations-Ampèremeter (vgl. S. 104) habe ich ein Stück solcher Bronze als Kern eingebaut, und wie zu erwarten, ergab sich nunmehr eine Einstellung, welche von der Art und Weise des Stromeschaltens sozusagen unabhängig ist. Die grössten Differenzen der Einstellung, welche sich jetzt ergaben, betragen nur etwa 2 Prozent.

Wenn auch manche Heusler'schen Legierungen eine starke Temperaturabhängigkeit ihrer Suszeptibilität zeigen, so kann man doch auch solche zur Verwendung an Messinstrumenten geeignete von geringer Temperaturabhängigkeit herstellen worüber ich demnächst in einer besonderen Veröffentlichung berichten werde.

1) Vgl. F. Richarz, diese Berichte 1908, Seite 208, Fussnote 1.

Zum Schluss sei noch bemerkt, dass mit den neuen von Herrn Dr. Heusler zur Verfügung gestellten Proben zwar nicht die ganz minimalen Werte der Hysterese zu erhalten waren, welche Herr Asteroth seinerzeit gefunden hat. Das ist aber auch nicht weiter zu verwundern, da die Beeinflussung der Hysterese der Schmiedebronzen durch thermische Behandlung sehr stark von der Zusammensetzung abhängt, letztere aber bei den neuen Proben nicht genau mit der von Herrn Asteroth untersuchten Legierung übereinstimmt.

In derselben Sitzung berichtete Herr F. A. Schulze:

Ueber eine Bestimmung der oberen Hörgrenze durch Transversalschwingungen von Saiten.

Durch eine grössere Anzahl von Untersuchungen aus neuerer Zeit ist die normale obere Hörgrenze der Grössenordnung nach zu ungefähr 20 000 v. d. mit geringen Schwankungen bestimmt worden, entgegen mehrfachen älteren Angaben, wonach sie erheblich höher sein soll.¹⁾ Es sind dabei die verschiedensten Tonquellen zur Verwendung gekommen: Zahnradsirenen, Lochsirenen, Klangstäbe, Galtonpfeife, Stimmgabeln, Stimmplatten, Longitudinalschwingungen von Stäben und von Drähten. Bei allen Bestimmungen, die von 20 000 v. d. stark differierende Werte für die obere Hörgrenze ergeben haben, hat sich nachträglich ein Irrtum in der Messung der absoluten Schwingungszahlen nachweisen lassen.²⁾

Wenn auch die Tatsache, dass bei diesen verschiedenen Tonquellen sich stets ungefähr dieselbe Zahl für die obere Hörgrenze ergeben hat, diese nunmehr als genügend gesichert erscheinen lässt, so schien es mir doch nicht überflüssig, noch eine neue Tonquelle hierzu heranzuziehen, um eine neue Stütze für meine schon mehrfach ausgesprochene Vermutung zu gewinnen, dass die obere Hörgrenze von der Intensität des Tones unabhängig ist, sobald diese nur einen gewissen Minimalwert überschreitet, und dass man also von einer be-

1) Eine ausführliche kritische Zusammenstellung aller bisherigen Bestimmungen der oberen Hörgrenze siehe F. A. Schulze, Beiträge zur Anatomie u. s. w. des Ohres, herausgegeben von Passow und Schaefer, 1, 134—151, 1908.

2) Vgl. F. A. Schulze, Wied. Ann. 68, p. 99 und p. 869; Marburger Sitz.-Ber. 1902, p. 66 und 1907; Ann. d. Phys. 24, 785. 1907.

stimmten oberen Hörgrenze mit demselben Rechte sprechen kann, mit dem man von den Grenzen des sichtbaren Spektrums spricht in dem Sinne, dass der Ort dieser Grenze sich nicht ändert, so sehr man auch die Intensität des Lichtes bez. Schalles steigert; dass aus physiologisch-anatomischen Gründen überhaupt eine Empfindung jenseits dieser Schwingungszahl unmöglich ist.

Diese Vermutung gewinnt umsomehr an Wahrscheinlichkeit, je zahlreicher und namentlich je verschiedener an Tonintensität die benutzten Tonquellen sind. So ist namentlich der Unterschied der Intensitäten der Töne der Galtonpfeife und derjenigen der Longitudinalschwingungen von Drähten im hörbaren Gebiet sehr auffallend. Trotzdem ergaben beide Tonquellen die obere Hörgrenze¹⁾ bei ungefähr 17 000 bis 20 000 v. d.

Bei den in folgenden beschriebenen Versuchen wurden als Tonquelle die Transversalschwingungen gespannter Saiten benutzt.

Dass diese, anscheinend sehr nahe liegende Art der Tonerzeugung bisher für diesen Zweck noch nicht zur Verwendung gelangt ist, hat seinen Grund unzweifelhaft darin, dass im allgemeinen selbst bei der stärkst möglichen Spannung von Saiten diejenige Saitenlänge, bei der der Transversalton die der oberen Hörgrenze entsprechende Schwingungszahl erreicht, ganz ausserordentlich klein wird; sie beträgt im allgemeinen nur wenige Millimeter, sodass dann einmal das Anstreichen, die Erzeugung des Tones, schwierig und unsicher wird, und ferner namentlich der Einfluss der Steifigkeit, der Eigenelastizität, auf die Tonhöhe ausserordentlich gross wird, so dass man auch nicht mehr annähernd die Tonhöhe einfach umgekehrt proportional der Länge annehmen kann, sobald

1) An der Galtonpfeife hat Herr J. Hegener dieselbe obere Hörgrenze konstatiert; Beiträge zur Anatomie u. s. w. des Ohres 1, p. 321. 1908.

der Durchmesser der Saite nicht mehr sehr klein ist gegen die Länge der Saite, mithin eine besondere Bestimmung der Schwingungszahlen nötig würde.

Die Schwingungszahl der Transversalschwingung von Saiten ist gegeben durch

$$n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{9,81P}{p}} \text{ v. d.}^1)$$

Hierin ist l die Länge der Saite in Metern, P das spannende Gewicht; p ist das in derselben Einheit wie P ausgedrückte Gewicht von 1 Meter der Saite.

Hieraus ist sofort anzugeben, wie gross die einer bestimmten Schwingungszahl entsprechende Länge in maximo werden kann, wenn man die Saite bis fast zum Zerreißen gespannt hat. Ist Z die Zugfestigkeit der Saite, q ihr Querschnitt, so ist die grösstmögliche Spannung $Z \cdot q$. Da auch p proportional dem Querschnitt q ist, so ist bei bestimmter Länge die Schwingungszahl bei einer der Zugfestigkeitsgrenze entsprechenden Spannung unabhängig vom Querschnitt.

Ist s die Dichte des Materials der Saite, so wird die der maximalen Spannung Z entsprechende Schwingungszahl

$$n_{max.} = 49,5 \frac{1}{l} \sqrt{\frac{Z}{s}} \text{ v. d.}$$

Hierbei ist l die Länge der Saite in m , Z die Zugfestigkeit in $\frac{\text{kg-Gew.}}{\text{mm}^2}$.

Für Stahl findet man meist angegeben $Z = 70$. s zu 7,8 angenommen berechnet sich diejenige Saitenlänge, die bei grösstmöglicher Spannung die der oberen Hörgrenze entsprechende Schwingungszahl 20 000 v. d. gibt, zu nur 7,4 mm.

Es gibt nun jedoch auch Stahlsorten von ausserordentlich viel höherer Zugfestigkeit. Der zu den im folgenden be-

1) F. Kohlrusch, Lehrbuch d. prakt. Physik. 10. Aufl. 235.

schriebenen Versuchen dienende Stahldraht (Klaviersaite) hatte eine Zugfestigkeit von $240 \frac{\text{kg-Gew.}}{\text{mm}^2}$.

Dementsprechend berechnet sich hier diejenige Länge, die eine Transversalschwingung von 20 000 v. d. gibt, erheblich grösser, nämlich zu etwa 14 mm. Bei dieser Länge darf man schon hoffen, Bestimmungen der oberen Hörgrenze ausführen zu können.

Es kamen zwei Sorten dieses Stahldrahtes von verschiedenem Durchmesser, 0,35 mm und 0,25 mm, zur Verwendung.

Selbst bei der dickeren Drahtsorte beträgt bei 14 mm Länge das Verhältnis Radius zu Länge nur etwa $\frac{1}{80}$, so dass die durch die Steifigkeit bedingte Korrektur der Schwingungszahl nur geringfügig ist.

Je nach der Art der Befestigung der Enden der Saite hat diese Korrektur verschiedene Werte.

Bei den vorliegenden Versuchen sind von Bedeutung die beiden Fälle:

1. Festgeklemmte Enden.
2. Festgehaltene Enden.

In beiden Fällen bleiben die Endpunkte der Saite an ihrer Stelle. Im ersten Fall jedoch behält auch das nächste Bogenelement der Saite unverändert seine ursprüngliche Richtung bei, während es im zweiten Fall seine Richtung ändern kann und nur der Bedingung unterworfen ist, dass die Krümmung an diesen Stellen Null ist, die Enden müssen gerade bleiben.

(In leicht verständlicher Bezeichnungsweise formulieren sich diese Grenzbedingungen so:

$$\text{Festgeklemmt: } \delta y = 0, \frac{dy}{dx} = 0$$

$$\text{Gehalten: } \delta y = 0, \frac{d^2 y}{dx^2} = 0.)$$

Der Fall: gehaltenes Ende entspricht etwa dem sanften Anlegen eines Stäbchens an die Saite, wie man es zur Hervorbringung der harmonischen Obertöne bei Saiten zu tun pflegt.

Für diese beiden Fälle hat Rayleigh¹⁾ die Korrekturen berechnet.

Es bedeute: E der Elastizitätsmodul, S die Spannung, r den Radius des Querschnitts, l die Länge der Saite, n die unkorrigierte, n' bez. n'' die korrigierte Schwingungszahl. Nach Rayleigh ist

$$\text{für festgeklemmte Enden: } n' = n \left(1 + \frac{r}{l} \sqrt{\frac{E + S}{S}} \right)$$

$$\text{für festgehaltene Enden: } n'' = n \left[1 + \left(\frac{r}{l} \right)^2 \frac{\pi^2 E}{8 S} \right]$$

oder wenn $\frac{E}{S} = \varepsilon$, und $\frac{r}{l} = v$, $n' = n(1 + v\sqrt{\varepsilon + 1})$, bez. $n'' = n \left(1 + \frac{\pi^2}{8} v^2 \varepsilon \right)$. ε wird stets sehr gross gegen 1 sein, sodass man auch mit genügender Annäherung hat:

$$n' = n(1 + v\sqrt{\varepsilon}) \quad (\text{festgeklemmte Enden})$$

$$n'' = n \left[1 + \frac{\pi^2}{8} (v\sqrt{\varepsilon})^2 \right] \quad (\text{gehaltene Enden}).$$

v hat für die beiden verwendeten Drahtsorten, für $l = 14$ mm den Wert 0,0126, bez. 0,009. ε hat bei sehr geringer Spannung sehr hohe Werte, die aber bedeutungslos sind, weil der Transversalton erst bei stärkeren Spannungen gut zu erzeugen ist; mit steigender Spannung nimmt ε ab bis zu seinem kleinsten Wert, den es dicht vor dem Zerreißen annimmt.

Für die gebrauchten Stahldrähte mit $E = 20\,000$, $Z = 240 \frac{\text{kg-Gew.}}{\text{mm}^2}$ ist $\varepsilon = 83,33$, $\sqrt{\varepsilon} = 9,1$.

1) Lord Rayleigh, Die Theorie des Schalles, deutsch von Neesen, Band I, pag. 222, bez. 324.

Bei stärkster Spannung ist also für $l = 14$ mm bei dem Draht von 0,35 mm Durchmesser.

$$n' = n(1 + 0,115); n'' = n(1 + 1,23(0,115)^2) = n(1 + 0,017)$$

für den Draht vom Durchmesser 0,25 mm

$$n' = n(1 + 0,082); n'' = n(1 + 0,0082).$$

Bei den folgenden Versuchen wurde häufig das eine Ende festgeklemmt, das andere gehalten. Man wird wohl nicht allzusehr irren, wenn man dabei als Korrektion den Mittelwert der beiden für geklemmte und gehaltene Enden geltende Korrektionen ansetzt.

Die Korrektionen werden grösser, wenn die Spannung geringer ist. Die geringste benutzte Spannung, bei der noch gute messbare Transversaltöne entstehen, betrug etwa $\frac{1}{2}$ der maximal möglichen Spannung, sodass die Korrektion dann für geklemmte Enden bei gleicher Länge das 1,4fache, für festgehaltene das Doppelte der eben angegebenen beträgt.

Die Versuche wurden nun im einzelnen so angestellt, dass die Drähte in dem für diese Versuche sehr geeigneten Monochord von W. Weber eingespannt wurden; das eine Ende blieb dauernd festgeklemmt, das andere ist in einer zweiten Klemmbacke befestigt, deren Träger längs einer Führung läuft, und in der sich eine Schraube befindet, deren Ende gegen ein feststellbares Widerlager stösst. Es kann so der Draht durch Drehen der Schraube elastisch gedehnt und in jeder Stellung festgehalten, ihm eine beliebige Spannung bis zum Zerreißen erteilt werden. Die ganze Länge des Drahtes betrug etwa 1 m.

Sobald die Spannung so gross geworden war, dass der Transversalton deutlich entstand, wurden die Versuche begonnen, indem zunächst diejenige Saitenlänge l_1 bestimmt wurde, die einem Ton von bekannter Schwingungszahl N (meist

$N = 1024$ entsprach; sodann wurde die Saitenlänge successive verkürzt, entweder durch Abklemmen mit einer breiten Flachzange (festgeklemmtes Ende) oder Berührung mit dem Fingernagel (gehaltenes Ende), und an dem abgegrenzten Stück der Transversalton durch Anstreichen mit dem Bogen erzeugt. Es wurde so festgestellt, bis zu welcher Saitenlänge l_2 bez. l_3 noch ein Ton vernommen wurde; diese Länge war im allgemeinen bei stärkeren Spannungen gut und genügend scharf, meist auf weniger als $1/2$ mm, bestimmbar. Die dieser Länge entsprechende Schwingungszahl n wurde zunächst unkorrigiert als $N \frac{l_1}{l_2}$ bez. $N \frac{l_1}{l_3}$ angenommen, und dann nach obigen Formeln hieran noch die oben besprochene Korrektion wegen der Steifigkeit der Saite angebracht.

Bei schwächster Spannung war diejenige Saitenlänge, bei der der Transversalton über der oberen Hörgrenze lag, so kurz — geringer als 5 mm —, dass eine genaue Bestimmung nicht möglich war. Mit zunehmender Spannung wurde dann diese Länge allmählich grösser und erreichte kurz vor dem Zerreißen die Länge von etwa 16 mm.

Alle diese Versuche ergaben, in der geschilderten Weise berechnet und korrigiert, übereinstimmend die obere Hörgrenze für mein Ohr zu rund **17000 v. d.**

Wie es nach den Rayleigh'schen Korrekionsformeln sein muss, waren fast durchweg die Seitenlängen an der oberen Hörgrenze bei beiderseits festgeklemmten Enden ein wenig, $1/2$ —1 mm, länger als für den Fall, dass ein Ende festgeklemmt, das andere gehalten wird. Letzteres ergab im allgemeinen sicherere Bestimmungen.

Es mögen noch beispielsweise zwei Versuchsreihen mitgeteilt werden.

I. Stahldraht von 0,35 mm Durchmesser.

Der erste deutliche Transversalton bei einer Länge von 1157 mm; Messung noch unmöglich. l bedeutet die Gesamtlänge; l_1 diejenige Länge, die einen Transversalton von 1024 v. d. gab; l_2 diejenige Länge, die der oberen Hörgrenze entsprach, wenn beide Enden festgeklemmt; l_3 diejenige Länge, die der oberen Hörgrenze entsprach, wenn ein Ende geklemmt, das andere gehalten war; N_2 bez. N_3 ist die daraus berechnete obere Hörgrenze.

l	l_1	l_2	N_2	l_3	N_3
1162 mm	173 mm	10,0 mm	17710	—	—
1164 „	194 „	12,15 „	16420	11,5 mm	17270
1166 „	212 „	13,0 „	16570	12,7 „	17092
1167 „	220 „	13,7 „	16440	13,1 „	17200
1168 „	230 „	14,5 „	16240	13,5 „	17440
1169 „	235 „	15,0 „	16800	14,4 „	16710
1170 „	241 „	15,5 „	16300	14,5 „	17020
1172 „	245 „	15,5 „	16700	15,0 „	16700
1173 „	253 „	16,0 „	16200	15,5 „	16760
1174 „	257 „	16,0 „	16640	15,7 „	16760
1175 „	260 „	16,2 „	16300	15,7 „	16800

II. Stahldraht von 0,25 mm Durchmesser.

l	l_1	l_2	N_2	l_3	N_3
1151,3 mm	85 mm	< 5 mm	—	—	—
1152 „	103 „	5—6 „	—	—	—
1152,5 „	116 „	6—7 „	—	—	—
1153 „	124 „	7,4 „	—	—	—
1153,5 „	133,5 „	—	—	8,0 mm	17450
1154 „	144 „	8,5 „	17860	8,2 „	17930
1155 „	162 „	10,0 „	17010	10,5 „	16220
1156 „	175 „	11,0 „	16820	11,25 „	16420
1157 „	182 „	11,5 „	16700	12,0 „	16800
1158 „	193 „	11,5 „	17430	12,2 „	16380
1159 „	207 „	12,4 „	17500	12,4 „	17330
1160 „	220 „	14,0 „	16490	13,5 „	17020
1161 „	230 „	14,5 „	16800	14,0 „	17200
1162 „	232 „	14,5 „	16870	14,0 „	17290

l	l_1	l_2	N_2	l_3	N_3
1163 mm	243 mm	15,0 mm	16920	15,0 mm	16750
1164 „	244 „	15,5 „	16380	16,0 „	16030
1165 „	247 „	16,2 „	16150	16,0 „	16020
1166 „	249 „	16,0 „	16230	16,3 „	15780
1167 „	255 „	16,5 „	16670	16,0 „	16680
1168 „	258 „	16,3 „	16840	16,0 „	16680
1169 „	260 „	—	—	16,0 „	16800

Im allgemeinen ist dieser Methode der Bestimmung der oberen Hörgrenze durch Transversalschwingungen diejenige durch Longitudinalschwingungen von Drähten wohl durchaus vorzuziehen, weil bei letzterer die der oberen Hörgrenze entsprechenden Saitenlänge viel grösser ist (bei Stahl etwa 16 cm), sodass die Abstufung und Genauigkeit viel grösser ist, und Korrekturen nicht erforderlich sind. Doch dürfte sie als neue von den anderen unabhängige Bestimmungsart Wert haben, besonders weil sie wieder dieselbe Grössenordnung für die obere Hörgrenze liefert, wie alle anderen Tonquellen.

Die Intensität der Töne war, etwa im Vergleich zu den von der Galtonpfeife gelieferten Tönen, ausserordentlich schwach; dass sich trotzdem wieder fast dieselbe Hörgrenze wie auch sonst mit diesen Tönen ergeben hat, dürfte eine neue Stütze für die oben ausgesprochene Vermutung sein, dass es tatsächlich eine bestimmte obere Hörgrenze gibt, unabhängig von der Tonintensität, solange diese oberhalb eines Minimalwertes bleibt.

Eine sehr interessante Bestätigung dieser Vermutung hat sich neuerdings bei Versuchen von Schames¹⁾ über die Abhängigkeit der Permeabilität von Eisen von der Schwingungsfrequenz gelegentlich als Nebenresultat ergeben. Es wurde hierbei ein Poulsen'scher elektrischer Schwingungskreis, aus Kapazität und Selbstinduktion bestehend, verwandt, dessen

1) L. Schames, Ann. d. Phys. 27, 71. 1908.

Frequenz durch Veränderung einer der beiden Grössen in weiten Grenzen variiert werden konnte.

In einer Anmerkung schreibt Herr Schames: „Es mag erwähnt werden, dass dieser Ton (nämlich 23 000 v. d. pro Sec.) für mich nicht mehr hörbar war, während ein Ton bei $n = 20\,000$ noch deutlich wahrgenommen wurde. Die Energieverhältnisse haben sich beim Uebergang von der einen Frequenz zur anderen natürlich nicht verändert.“

Die von einem Poulsen'schen Schwingungskreis ausgesandten Tonwellen, die schon mehrfach in der Akustik verwandt worden sind, dürften sich überhaupt bei der Herstellung und Untersuchung sehr hoher akustischer Schwingungen noch in reichem Masse brauchbar erweisen.

In der Sitzung vom 12. Mai sprach Herr Beneke:

Ueber die Ursachen der Entstehung der Gaumenspalten.

Die moderne Entwicklungsmechanik, welcher die normale Embryologie so zahlreiche Enthüllungen, so grosse Fortschritte für das Verständnis einfacher und komplizierter Vorgänge verdankt, erobert sich auch das Gebiet der pathologischen Entwicklungsstörungen, der Missbildungen, mehr und mehr. Immer enger wird der Kreis der Formstörungen, welche auf eine sogen. primäre Wachstumsschwäche oder ein Wachstumsübermass bezogen werden können. Namentlich die Gruppe der Spaltbildungen, bei denen die Annahme einer unzureichenden Wachstumskraft mit Vorliebe herangezogen zu werden pflegte, liefert immer neue Beispiele, bei welchen eine Erklärung aus einfachen mechanischen Momenten, welche mit der Wachstumskraft der fraglichen Stellen gar nichts zu tun haben, weitaus grössere Wahrscheinlichkeit besitzt oder geradezu beweiskräftig wird. In diesem Sinne habe ich versucht, auch für die Genese der Gaumenlippenspalte aus mechanischen Ursachen Beweismaterial zusammenzubringen, welches der bisher meist beliebten Annahme, dass eine primäre Wachstumsschwäche der sich entgegenwachsenden Gaumenspalten den Grund für das Ausbleiben der Verwachsung abgebe, gegenüberzustellen wäre. Der Gedanke einer mechanischen Veranlassung der Gaumenspalte ist hier und da schon gelegentlich erwogen worden, so z. B. von Friedrich, der in einem Falle eine besondere Verlagerung des fötalen Armes mit der bestehenden Gaumenspalte in Verbindung brachte; doch fehlt eine umfassendere Darstellung der in Betracht kommenden Momente; Schwalbe, dem wir eine so gründliche Darstellung der Missbildungen verdanken, hat noch in seiner neuesten Publikation (in

Aschoffs Lehrbuch der allgemeinen Pathologie, 1909) den Standpunkt, dass es sich um eine Hemmungsbildung handle, unbedenklich vertreten.

Der Grundgedanke meiner Vorstellung von der Entstehung der Gaumenspalte liegt in der Annahme, dass die Verwachsung der beiden Gaumenfortsätze der beiderseitigen Oberkieferanlagen ausbleibt, weil die Zungenanlage von unten her zwischen dieselben gepresst wird; indem die Zunge gegen das Nasenseptum vorgedrängt wird, gestattet sie den Gaumenfortsätzen den Zusammenschluss gar nicht oder nur unvollkommen; dieselben wachsen zwar mit voller Wachstumskraft vor, formen sich aber dem ungewöhnlichen Widerstande entsprechend und erscheinen demgemäss nicht allein klaffend, sondern auch, was in manchen Fällen so besonders deutlich hervortritt, schief gestellt und nach oben verbogen.

Die Möglichkeit einer solchen mechanischen Beeinträchtigung, welche also in die ersten Wochen des fötalen Lebens zu verlegen sein würde, liegt ungemein nahe. Denn in diesen frühen Perioden ragt das Herz weit aus dem Embryonalkörper hervor und liegt mit seiner oberen Fläche unmittelbar der Gegend des oberen Kiemenbogens an; durch die Nackenkrümmung liegt ja die Kopfanlage des Embryo rechtwinklig nach vorn gebeugt. In diesem Stadium ist die Gaumenplatte noch nicht angelegt, die Nasenhöhle bildet einen nachgiebigen Raum, die Zungenanlage wächst als solider dreiteiliger Ballen aus dem Kiemenbogen vor und bildet einen dicken Wulst. Ein relativ vielleicht nur ganz geringer anhaltender Druck in der Längsrichtung des Embryo muss ausreichen, um die Herzanlage derart gegen die Zungenanlage zu pressen, dass diese sich in den ursprünglich vorhandenen Gaumenspalt vordrängt, und dauernd das Zusammenwachsen der Gaumenfortsätze hemmt. Da die Unterkieferanlage von Anfang an einheitlich ist, so nimmt sie an der Spaltung nicht teil; je nach der Richtung der Verdrängung der Zunge nach oben

wird die Gaumenspalte rechtsseitig, linksseitig oder beiderseitig. Ist die Verwachsung der Gaumenplatten einmal im richtigen Moment verpasst, so nützt auch ein späteres Aufrichten des Kopfes nicht mehr, da die Zunge an Ort und Stelle liegen bleibt und wohl auch die Richtung und die Kraft der Wachstumstendenzen der Gaumenplatten sich geändert hat.

Diesem Gedankengang entsprechend habe ich das mir zur Verfügung stehende Material untersucht; es bestand aus den Sammlungen des Marburger pathologischen Instituts, der Marburger Frauenklinik, des Züricher, Leipziger und Berliner pathologischen Instituts; den Herren Kollegen Stöckel, Schmidt, Marchand und Orth bin ich zu besonderem Danke für die Erlaubnis ihr Material verwerten zu dürfen, verbunden.

Wir wissen, dass die Gaumenspalten bei den meisten Individuen als die einzige Missbildung auftreten; andererseits aber finden sie sich auch ganz auffallend häufig mit anderen Missbildungen schwererer oder leichterer Natur kombiniert. Gerade die letztere Tatsache hat die Vermutung, dass die Erkrankung auf tiefgreifenden „Wachstumsschwächen“ der gesamten Fötalanlage beruhe, immer wieder bestärkt. Gerade hier aber glaube ich meine oben dargelegte Anschauung besonders deutlich erweisen zu können. Denn die von mir vorgenommene Zusammenstellung der mit Gaumenspalte kombinierten Missbildungen hat mir ergeben, dass diese Kombination nur bei ganz bestimmten Arten von Missbildungen vorkommt, und zwar solchen, welche auf eine Raumbegrenzung im Amnion hinweisen, meist in dem Sinne, dass das Längswachstum des Embryonalkörpers, das freie ungehinderte Auswachsen der Kopfanlage gestört ist, die normale Krümmung des Körpers nach vorn daher übertrieben ausgebildet oder deren Aufrichtung gehemmt wurde, oder dass mit anderen Worten die Herzanlage und die Kopfanlage demnach zu fest

oder zu lange gegeneinander gepresst worden sein müssen. Hierbei kommen sowohl Fälle von Einzelmissbildungen als von Doppelmissbildungen in Betracht.

Die ausführliche Wiedergabe meines Materials muss ich auf eine umfassendere Veröffentlichung verschieben. Hier beschränke ich mich auf die Mitteilung, welche Gruppen von Missbildungsformen von mir als mit Gaumenspalten kombiniert gefunden wurden.

Im ganzen habe ich 121 Fälle zusammengestellt. Hier- von waren kombiniert:

- 15 Fälle mit Polydaktylie (darunter 2 mit Cyklopie),
- 27 " " Peromelie verschiedener Formen und Mikromelie,
- 16 " " Ohrverkümmerng, Auricularanhängen etc.
- 22 " " einfachem Bauchbruch,
- 6 " " Bauchbruch und Exencephalie,
- 9 " " Bauchbruch und Hydroceph. int.,
- 3 " " Bauchbruch und Hemicranie,
- 2 " " Zwerchfellhernie,
- 8 " " Ektopia cordis,
- 2 " " Hydronephrose und Cystenniere,
- 4 " " Herzvergrösserung (Septumdefekt),
- 2 " " Meningocele,
- 2 " " Acranie, Rhachischisis,
- 1 " " Hydrocephalus int.,
- 1 " " Mikrokephalie,
- 1 " " Dolichocephalie,
- 1 " " Sklerodermie,
- 6 " " Thorakopagus.

In einer grösseren Anzahl von Fällen, namentlich den mit Polydaktylie kombinierten, wurde gleichzeitig eine besonders kräftige Entwicklung des Körpers notiert (s. u.).

Ich kann hier nicht ausführlicher auf die Genese der oben angeführten Missbildungsformen eingehen. Fasst man den Gesichtspunkt einer Raumbeschränkung im Amnionsack ins Auge, sei es dass dieselbe durch Frucht-

wassermangel, Amnionanomalieen oder relativ übermässiges Wachstum des Fetus zustande gekommen wäre, so würden die Fälle von Polydaktylie, Peromelie, Ohrverkümmerng, zusammen 58! hierher zu rechnen sein. Sind auch die Verkümmernngen, Verkrümmungen, Verdopplungen der Extremitäten zeitlich etwas später zu setzen, als etwa die Anlage der Gaumenspalte, so ist doch das so ungemein häufige Zusammenfallen dieser Missbildungen wohl Grund genug, um eine einheitliche Ursache anzunehmen: ich stehe auf dem Standpunkt, dass jene Extremitäten- und Ohrveränderungen Raumbeengungen im Amnionsack zu verdanken sind und nehme daher ein gleiches auch für die Gaumenspalten dieser Fälle im obigen Sinne an. — In vielen Fällen finden sich die Extremitätenmissbildungen gleichzeitig mit anderen, z. B. Bauchbruch, kombiniert; die Grade der Peromelie, Syndaktylie, Polydaktylie, Klumpfussbildung und Verkrümmungen der Extremitäten sind in meinem Material sehr verschieden. Alles deutet darauf hin, dass es sehr frühe Veränderungen gewesen sein müssen, welche die Kombination veranlasst hatten.

Die gleiche Raumbeschränkung, in der Längsachse wirksam, veranlasst wohl auch die Verkrümmung der ganzen Körperachse mit der Konvexität nach hinten, welche ich als Grundursache der vorderen Spaltbildungen ansehe: hierher gehören m. E. die Fälle von Bauchbruch mit und ohne Hirnveränderungen, von Zwerchfellhernie, Ektopia cordis, zusammen 50! Fälle. Aendern sich etwa auch im späteren fetalen Leben die Verhältnisse, sodass der Körper sich aufrichtet, so können doch als Erinnerung an die übermässige Verkrümmung in frühester Zeit die irreparablen Residuen in Form der Bauchbrüche, der Herzektopie, der Gaumenspalten stehen bleiben.

An diese Gruppen schliessen sich diejenigen Zustände, bei denen frühzeitige innere Organvergrösserungen zu einem relativ starken Hervortreten der Herzanlage nach oben geführt haben: ich stehe nicht an, in diesem Sinne die Hydro-

nephrose und Cystenniere, sowie die angeborene, wohl meist auf Defektbildungen beruhende Herzvergrößerung, zusammen mit 6 Fällen, anzuführen. Bei der grossen Häufigkeit dieser Missbildungen fällt die relativ geringe Zahl der Fälle offenbar auf: es liegt wohl nahe, daran zu denken, dass diese inneren Fehler wohl doch meistens zu spät kommen, um noch eine bemerkenswerte Veränderung der Herzlage und damit eine Gaumenspalte zu veranlassen; nur in ganz seltenen Fällen mag der Einfluss auf die Lage des Herzens — oder eine für alles gemeinsame Ursache — im rechten Zeitpunkt bereits einsetzen.

Ganz besonders auffällig aber sind dann weiter die Kombinationen der Gaumenspalten mit Doppelmissbildungen und zwar ganz vorwiegend der Verschmelzung im vorderen Körperabschnitt, namentlich der Herzverschmelzungen (Thorakopagus 6 Fälle!); gewöhnlich haben beide Zwillinge beiderseitige oder symmetrisch gelegene einseitige Gaumenspalten. Gewiss ein deutlicher Beweis für die Beziehung der letzteren zu räumlich-mechanischen Verhältnissen, sowie für die Auffassung, dass diese Verschmelzungen selbst vielleicht Folge einer primären Raumbeschränkung für die beiden Embryonalanlagen im Chorionbindegewebesack sind.

Auf die Einzelfälle der sonstigen Kombinationen lege ich einstweilen ein geringeres Gewicht: aber mit besonderem Nachdruck soll wenigstens noch hervorgehoben werden, dass die weitaus häufigste Missbildung früher Perioden, die Rhachischisis und Cranioschisis, nur mit 2 Fällen vertreten ist. Gerade in der Tatsache, dass diese Missbildungsformen nur in ganz seltenen Ausnahmefällen mit Gaumenspalten kombiniert sind, sehe ich einen markanten Beweis meiner Anschauung. Denn diese Fälle beruhen m. E. auf einer in der der physiologischen fetalen Rückenkrümmung entgegenwirkenden Druckwirkung, durch welche die Längsachse des Fetus zu einer Lordose an den verschiedenen Stellen veranlasst wird. Hierdurch wird die Herzanlage von den Kiemen-

spalten entfernt; ist doch das charakteristische Froschkopfgesicht der Ausdruck für eine abnorme Rückwärtsbiegung des Kopfes. Unter solchen Umständen ist im allgemeinen, wenn nicht ganz besondere Momente (Bauchbruch u. a.) hinzukommen, eine mechanische Entstehung einer Gaumenspalte unmöglich und deshalb wird sie eben auch nicht gefunden.

In ähnlichem Sinne sind wohl auch die Fälle von Verschmelzung des vorderen Körperendes, aber Rücken an Rücken, eventuell mit Januskopf, zu denken, in denen die Gaumenspalten fehlen.

Dass alle die zahlreichen anderen Missbildungen, welche einen menschlichen Embryo treffen können, ohne Gaumenspalten zustande zu kommen pflegen, sei hier nur noch einmal besonders als Gegengrund gegen die so verbreitete Annahme, dass eben die Kombination mit Missbildungen an sich ein Beweis für die primäre Wachstumsschwäche des Gaumens sei, hervorgehoben.

Es bleibt nun noch die zweite Hauptgruppe der Fälle von Gaumenspalten zu erörtern, welche die grösste Mehrzahl umschliesst: die Fälle, in welchen die Gaumenlippenspalte die einzige Missbildung am ganzen Körper ist. Gerade für diese Fälle ist die „angeborene Gewebeschwäche“ besonders gern herangezogen worden; ist es doch eine feststehende Tatsache, dass die Heredität hier eine besondere Rolle spielt, indem dieselbe Mutter, derselbe Vater mehrere Kinder mit Hasenscharten und Wolfsrachen nacheinander erzeugen, und dabei selbst bisweilen mit solchen behaftet sein können. Aber gerade in dieser Beziehung muss gewiss besondere Vorsicht im Urteil walten; die „Heredität“ liegt vielleicht, ja sogar sehr wahrscheinlich, gar nicht in einer lokalen Erkrankung der Gaumenplatten, sondern in einer in allerfrühester Embryonalperiode einsetzenden, auf einer zur Zeit noch undefinierbaren, vom Vater oder der Mutter stammenden Besonderheit herstammenden, allgemeinen Anomalie des Eies

etwa einer Amnionenge, welche sich regelmässig bei jeder Schwangerschaft wiederholen und daher auch die gleichen Folgen, d. h. also die Gaumenspalte, bei jedem Kinde mit sich bringen würde. Die vererbten Gaumenspalten wären dann etwa jenen Fällen gleichzustellen, in welchen z. B. hintereinander von anscheinend kerngesunden Eltern mehrere Kinder mit Hemikranie oder Rhachischisis gezeugt werden, bei denen also nach meiner oben erwähnten Auffassung gleichfalls eine pathologische Längenwachstumsstörung der jüngsten Embryonalanlage mit dem Effekt lordotischer Krümmung stattgefunden hat. Litten bereits die Eltern an der Gaumenerkrankung, so wäre es sehr wohl möglich, dass auch sie bereits die Folgen einer durch Generationen hindurch vererbten frühzeitigen Eianomalie zu tragen gehabt hätten. Es ist gar nichts gegen die Möglichkeit zu sagen, dass eine derartige geringfügige Anomalie der ersten Wochen sich im Laufe der Schwangerschaft ausgleicht und der Fetus demgemäss zu einer im übrigen ganz normalen Entwicklung gelangt, und nur jenes eine Residuum einer minimalen ehemaligen Krümmungsverstärkung, nämlich die Gaumenspalte, dauernd behält.

Ich bin aber noch in der Lage, auch für diese Fälle mit scheinbar ganz normalem Körperbau auf einen Befund hinweisen zu können, den ich zuerst bei einem zufällig von mir vor etwa $\frac{1}{2}$ Jahr seziierten Neugeborenen, welches abgesehen von der Gaumenspalte durchaus wohlgebildet war entdeckte. Ausgehend von meiner schon oben dargelegten Anschauung über die mechanische Veranlassung der Gaumenspalte durch Vorpressen der Herzanlage in frühen Embryonalstadien suchte ich etwaige Residuen eines solchen Vorpressens in Gestalt von Thoraxanomalien durch einen Gipsausguss des Thorax nachzuweisen. Tatsächlich fand sich ein auffallendes Verhältnis, welches mir bei der Betrachtung der Leiche entgangen war: der *angulus costarum* erwies sich auffallend spitz, der Thorax im ganzen

schmal und ungemein tief, als ob er im ganzen eine seitliche gelinde Kompression erfahren hätte. Dieser Befund stimmte also in auffälliger Weise mit den Fällen einer Peromelie oder Hyperdaktylie der oberen Extremitäten (s. o.) oder einer Ohrmisbildung überein, deren Deutung ja auch auf ein seitliches Anpressen der betreffenden Glieder an den Thorax bezw. der Ohranlagen an den Kopf hinweist. Ich habe darauf die Serie von Ausgüssen des Thoraxinneren von Neugeborenen angefertigt, welche ich Ihnen hier vorlege. Sie erkennen ohne weiteres, wie stark gerade der Thorax jenes Gaumenspaltenkindes von allen übrigen in den genannten Punkten abweicht, wenn auch bei einzelnen Fällen, wie z. B. ganz jungen, noch nicht ausgetragenen Frühgeburten, wenigstens in den oberen Thoraxabschnitten ähnliches angedeutet ist.

In diesem Verhältnis des Thorax sehe ich also den Ausdruck für eine intrauterine seitliche geringe Raumbeschränkung. Das Herz liegt offenbar in solchen Fällen weit nach vorn, wenn es auch nicht zu einer Spaltbildung (Ektopie) gekommen ist. Ueberträgt man diesen Zustand auf die ersten Embryonalperioden, so würde er eben gerade die Vorbedingung einschliessen, welche ich für die Genese der Gaumenspalten für erforderlich halte.

Dieser Befund steht nun, wie ich mit Befriedigung konstatieren konnte, nicht vereinzelt da. Fälle von einfachen Gaumenspalten mit dem ganzen Körper sind in den von mir untersuchten Sammlungen nicht aufgehoben, sondern nur die Köpfe. Nur in Berlin und Zürich fand ich je ein altes Skelet von Neugeborenen, welches ausser Gaumenspalten keine auffallende Anomalie aufwies. In beiden Fällen fand ich die gleiche auffallende Thoraxform wie in meinem Falle: eine unverkennbare seitliche Abplattung bei im übrigen symmetrischer Anlage. In gleicher Weise ist es mir gelungen, auch bei den mit Gaumenspalten kombinierten Missbildungen mehrfach teils jene Form nachzuweisen, teils andere Thorax-

anomalien zu finden; indessen zeigte sich häufig, dass die Präparate viele Jahre lang in enge Gläser eingepresst gewesen waren, sodass diese „Anomalien“ nicht immer eindeutig erschienen.

Derartige Fälle sind meist nicht Gegenstand der Untersuchung der Pathologen, indem die geringe Missbildung des Gaumens ja das Leben nicht schädigt. Es würde von hohem Werte sein, wenn alle Obducenten, denen zufällig ein Neugeborenes mit Gaumenspalte, ohne sonstige Anomalie, zur Sektion käme, durch einen Gypsausguss die Thoraxform prüfen würden. Denn die Gefahr, dass das charakteristische Bild wenige Monate nach der Geburt bereits durch die wachsende Lunge und die normalen Atembewegungen ausgeglichen wird, liegt natürlich nahe: bei älteren Kindern oder bei Erwachsenen mit Gaumenspalten wird man schwerlich noch die Thoraxabplattung erkennen können. Sehr erwünscht wäre es natürlich auch, wenn die Geburtshelfer bei den lebenden Neugeborenen mit Gaumenspalten wenigstens durch Kyrtonometerbestimmung annähernd die Thoraxform gleich nach der Geburt oder wenigstens in den ersten Wochen des Lebens festzustellen sich bemühen würden. Allerdings würden diese Resultate an Sicherheit der Gypsausgussmethode weit nachstehen.

Noch auf eine andere geringe Anomalie, welche vielleicht für die Genese der Gaumenspalten in Frage käme, möchte ich mit der Aufforderung an die Geburtshelfer, die hier allein das Material zur Verfügung haben, darauf achten zu wollen, hinweisen. In manchen der von mir untersuchten missbildeten Feten fiel die ungewöhnlich starke Fettgewebesbildung oder allgemeine Körpergrösse auf. Sie deutete auf ein besonders lebhaftes Wachstum des fetalen Körpers. Es wäre denkbar, dass eine derartige Wachstumsenergie in früher Periode mit einem relativen Zurückbleiben des Wachstums des Amnion oder Chorion kombiniert wäre, sodass damit die erste, von mir supponierte Ursache der

Gaumenmissbildung, nämlich eine relative Amnionenge und damit die Hemmung des Längenwachstums des Fetus mit dem Effekt besonders starker oder relativ zu lange anhaltender Nackenkrümmung, gegeben wäre. Mit dieser Auffassung stimmte überein, dass jene Adipositas sich besonders deutlich bei den einfachsten Fällen von Gaumenspalte, welche mit Polydaktylie oder nur mit Ohrmissbildungen kombiniert waren, vorfand; es erwuchs dabei die Vorstellung, dass gerade die starke Körperentwicklung des Fetus jene Missbildungen gleichzeitig mit der Gaumenspalte veranlasst hatte, indem sie den Amnionraum relativ verengte, sodass Extremitätenanlagen wie Ohranlagen im eigentlichsten Sinne des Wortes an die Wand gedrückt wurden. Es muss die Aufgabe einer zukünftigen Statistik sein, festzustellen, wie oft einfache Gaumenspalten statt mit ausgeprägten lokalen oder allgemeinen Missbildungen nur mit auffälliger adipositas universalis oder starker Körpergrösse der Neugeborenen kombiniert sind. Vielleicht würden diese Fälle das Verständnis auch für die Kombination mit anderen raumbeschränkenden Missbildungen, z. B. einem Hydrocephalus, einer Doppelbildung u. a. erleichtern.

In der Wahlsitzung vom 28. Juli wurden zu ausserordentlichen Mitgliedern gewählt: Herr Professor Dr. Diels, Herr Privatdozent Dr. Wegener, Herr Privatdozent Dr. Rühl und Herr Dr. Otto Veit.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

Nr 7

November

1909

In der Sitzung vom 10. November sprach Herr O. Veit:

Über das Vorkommen von Vornierenrudimenten und ihre Beziehungen zur Urniere beim Menschen.

Nachdem schon seit längerer Zeit, vorwiegend von vergleichend-anatomischen Rücksichten ausgehend, Vornierenrudimente bei Säugerembryonen gesucht und auch beschrieben wurden, hat zuerst J. Tandler (1905) eine Untersuchung speziell der Frage des Vorkommen von Vornierenrudimenten beim Menschen gewidmet und versucht die Häufigkeit ihres Auftretens sowie allgemein gültige Merkmale ihrer Erscheinungsweise festzustellen. Tandler fand einzelne Kanälchen, die in gewissem Abstände cranial vor der in sich geschlossenen Urniere meist in der Höhe der 6. und 7. Segmentalarterie dorsal von den grossen Gefässen gelegen waren. Sie waren an beiden Enden blindgeschlossen und behielten in ihrer längeren oder kürzeren Ausdehnung ihre Lage dorsal von Vena cardinalis und Aorta bei, oder schoben sich ventral zwischen diese Vene und das Coelomepithel, um hier blind zu enden oder sich frei in die Leibeshöhle zu öffnen; auch ein äusserer Glomerulus wird beschrieben. Tandler gründet die Deutung solcher Kanälchen als Vornierenrudimente auf

das Fehlen eines Zusammenhanges mit der sicheren Urniere, die nicht so weit cranial reiche und erst später Rückbildungserscheinungen und Zerfall in einzelne Bruchstücke zeige, sowie auf die Lage dorsal von den grossen Gefässen.

Seither wird häufig bei Beschreibung menschlicher Embryonen das Vorkommen von Vornierenrudimenten erwähnt, ohne dass aber jedesmal eine detaillierte Beschreibung oder sonst eine Begründung gegeben wird. In Sonderheit ist die Ansicht von Tandler, der sich zudem bei der geringen Anzahl der damaligen Beobachtungen sehr vorsichtig und zurückhaltend äusserte, dass neben den Beziehungen zur Urniere besonders die Lage zu den grossen Gefässen für die Beurteilung von Bedeutung sei, nicht stets berücksichtigt werden. Während Tandler auf die Lage dorsal von der Vena cardinalis post. in seinen Fällen hinweist, deuten andere Autoren Kanälchen schon als Vornierenreste, wenn ein Zusammenhang mit der geschlossenen Urniere fehlt oder Verbindungen mit dem Coelomepithel vorhanden sind. Es ist hierbei aber zu bedenken, dass unsere Kenntnisse über die Urniere beim Menschen, speziell das zeitliche Einsetzen und die Art ihrer Rückbildung, doch nur sehr mangelhaft sind. Zudem hat neuerdings besonders Robert Meyer (1904) nach Untersuchungen am Meerschweinchen und Befunden beim Menschen wieder betont, dass sekundär Verbindungen von ausgebildeten Urenierensegmenten mit dem Coelomepithel sehr häufig, vielleicht selbst regelmässig für eine kurze Zeit der Entwicklung entstehen. Darauf, dass zweitens ein in die Leibeshöhle hereinhängender Gefässknäuel nicht ohne weiteres als äusseres Glomus anzusprechen ist, hat Keibel (1905) an der Hand von Befunden bei Affen und Tarsius hingewiesen.

Bei der Unsicherheit, die demnach in der Frage der Vornierenrudimente bei menschlichen Embryonen noch herrscht und die ihren deutlichsten Ausdruck darin findet, dass nie von

Vornierenrudimenten schlechtweg, sondern stets nur von „sogenannten Vornierenrudimenten“ gesprochen wird, ist es erforderlich, zunächst einmal möglichst ein grösseres Tatsachenmaterial zu sammeln und zu sichten, besonders da aus den vorliegenden Untersuchungen jetzt schon soviel hervorgeht, dass die Befunde individuell sehr verschieden sein können. Ich hatte nun Gelegenheit eine grössere Anzahl menschlicher Embryonen aus der 3. bis 7. Woche auf die in Frage kommenden Verhältnisse untersuchen zu können. Es handelt sich um Serienschnitte zum Teil ausgezeichnet fixierter Embryonen, die mir von Herrn Geheimrat Gasser für diese Untersuchung zur Verfügung gestellt wurden. Für eine Reihe von Fällen lagen schon weitgehende Vorarbeiten in Form graphischer Rekonstruktionen vor, die ich ebenfalls benutzen durfte. Um über die Ausbildung der Urniere und eventuell vorhandener Rudimente, sowie ihre gegenseitige Lage in jedem Falle eine bequeme Uebersicht zu erhalten, wurden genauere graphische Rekonstruktionen ausgeführt. Solche Rekonstruktionen müssen zwar halbschematisch gehalten werden, damit die einzelnen Teile sich nicht gegenseitig decken, haben aber gegenüber den plastischen Rekonstruktionen den Vorteil des Zeitgewinnes und auch der Anschaulichkeit, da von dreidimensionalen Rekonstruktionen doch in der Abbildung schematische Projektionen gemacht werden müssten um alles zeigen zu können. Solche plastische Rekonstruktion wurde zudem in einem speziellen Falle auch von mir ausgeführt.

Es wurden insgesamt 14 menschliche Embryonen untersucht und die Verhältnisse ihrer Urnieren graphisch rekonstruiert. Zur Bestimmung der segmentalen Höhe der Befunde habe ich mich dem Vorbilde Tandlers folgend an die von der Aorta ausgehenden Segmentalarterien gehalten; nur bei den älteren Embryonen, deren Gefässsystem schon nicht unbeträchtliche Veränderungen durchgemacht hat, wurden zur Bestimmung ausserdem die Spinalnerven benutzt. Ich

will nun zunächst die Beschreibung des Befundes der einzelnen Embryonen geben, um daran die zusammenfassende Erörterung anzuschliessen. Ich werde mich in dieser Mitteilung ausser der Vorniere auf das craniale Ende der Urniere und die hier auftretenden Rudimente und Reduktionserscheinungen beschränken.

I. Menschlicher Embryo, grösste Länge 4 mm.

(Angeführt in der Normentafel von Keibel und Elze, Tabelle 10.)

Linke Seite. In der Höhe des Abganges der vierten Cervicalarterie findet sich ein kleines Bläschen, das von einer Lage Cylinderzellen, die ein enges Lumen einschliessen, gebildet wird; das Bläschen liegt in einer Hülle von Mesenchymzellen direkt dorsal an der Vena cardinalis posterior. Wenige Schnitte weiter caudalwärts, knapp vor dem Abgang der fünften Cervicalarterie findet sich ein ganz gleiches Bläschen medial an der Vena cardinalis; dieses Bläschen ist durch einen Strang epithelialer Zellen medioventral an der Vene vorbei mit dem Coelomepithel verbunden.

Die eigentliche, in sich geschlossene Urniere beginnt in der Höhe des Abganges der achten Cervicalarterie mit Wolff'schem Gange und Segmentalbläschen. Der Wolff'sche Gang liegt direkt unter dem Coelomepithel, mit dem er stellenweise zusammenhängt, ventrolateral von der Vena cardinalis posterior. Seine Wandung besteht aus einer Lage Cylinderzellen, das Lumen ist sehr eng. Die Segmentalbläschen liegen ventromedial von der Vena cardinalis im Urnierenwulst direkt neben dem Wolff'schen Gange, in den sie sich noch nicht eröffnet haben. Sie sind anfangs sehr klein, zum Teil enthalten sie noch kein Lumen; ihre Wand wird aus einer Lage niedriger Cylinderzellen gebildet. Die Segmentalbläschen folgen eines direkt auf das andere, auf ein Körpersegment kommen zwei bis drei von ihnen.

Rechte Seite. In der Höhe des Abganges der fünften Cervicalarterie findet sich lateral von der Vena cardinalis posterior eine Verdickung des Coelomepitheles, die in einen Zellzapfen übergeht, der sich zwischen die hier auf eine kurze Strecke in zwei Aeste geteilte Vena cardinalis hindurch nach dorsomedial schiebt und fast bis in die Höhe des Abganges der sechsten Cervicalarterie reicht. Der Zellzapfen enthält kein Lumen, die niedrig cylindrischen Zellen sind aber wie um ein virtuelles Lumen radiär angeordnet.

Die in sich geschlossene Urniere beginnt wenig caudal von dem Abgange der sechsten Cervicalarterie; sie verhält sich im wesentlichen wie links. Das Lumen des Wolff'schen Ganges ist auf kurze Strecken einigemal unterbrochen.

II. Menschlicher Embryo, grösste Länge 5—6 mm.

(Angeführt Normentafel Tabelle 15.)

Linke Seite. Die Urniere beginnt kurz nach dem Abgang der sechsten Cervicalarterie mit einem kleinen Kanälchen von etwa 70 μ Länge, welches direkt unter dem Coelomepithel ventrolateral von der Vena cardinalis posterior gelegen ist. Daran schliesst sich sofort das vollentwickelte Organ an mit Wolff'schem Gange, der ventrolateral von der Vena cardinalis sich findet, während die Malpighi'schen Körperchen, die durch typische gewundene Kanälchen in den Ausführungsgang münden, direkt ventral vor der Vene liegen. Das erste Urnierenkanälchen biegt scharf in den als seine Fortsetzung erscheinenden Wolff'schen Gang um. Die Grösse der Malpighi'schen Körperchen ist sehr verschieden, doch sind im allgemeinen die cranialen am grössten. Das 16. Urnierensegment ist sehr klein; es besteht aus schlecht entwickeltem Urnierenkörperchen mit kurzem, nicht bis an den Ausführungsgang heranreichenden blind geschlossenen Kanälchen. Sowohl Ausführungsgang als Segmentkanälchen können stellenweise

ohne Lichtung sein; sie sind überall gut vom Coelomepithel abzugrenzen, Nephrostomata bestehen also nicht. Im ganzen besteht das Organ aus 36 Segmenten, die so verteilt sind, dass etwa drei auf ein Körpersegment entfallen. Die Mündungen benachbarter Urnierenkanälchen in den Wolff'schen Gang können konfluieren. Etwa 20 craniale Urnierensegmente zeigen gut entwickelte Malpighi'sche Körperchen und gewundene Kanälchen. Dann werden die Segmente in ihren beiden Abschnitten einfacher, bis die zehn letzten als einfache Segmentalbläschen erscheinen, die zum Teil noch durch kurze Kanälchen in den Ausführungsgang münden, dann nur noch ein Kanälchen bis an diesen heran senden, zum Schluss überhaupt noch kein Kanälchen entwickelt haben. Der Wolff'sche Gang mündet schliesslich in die Harnblasenbucht der Kloake ein. Von Nierenanlagen ist noch nichts zu entdecken.

Rechte Seite. Die Urniere beginnt in der Höhe des Abganges der siebenten Cervicalarterie mit einem kleinen Kanälchen, das fast genau dem der linken Seite in Lage und Ausdehnung entspricht. Dem legt sich direkt der Wolff'sche Gang an, der nach kurzem Verlauf das erste Urnierenkanälchen aufnimmt. Das erste und zweite Urnierenkanälchen sind kurz vor der Einmündung in den Ausführungsgang durch eine Queranastomose verbunden. Im übrigen verhält sich das Organ im wesentlichen wie links.

III. Menschlicher Embryo, grösste Länge 5—6 mm.

Linke Seite. Die Urniere beginnt wenig caudal vom Abgang der sechsten Cervicalarterie mit Malpighischem Körperchen, das ventral vor der Vena cardinalis posterior unter dem Coelomepithel gelegen ist. Das von ihm ausgehende gewundene Kanälchen biegt in den Wolff'schen Gang um, der ventrolateral von der Vena cardinalis in eigener Falte lateral im Urnierenwulst gelegen als Fortsetzung dieses Kanälchen

erscheint. Das zweite Malpighi'sche Körperchen ist sehr gross, besonders die Bowman'sche Kapsel ist um ein beträchtliches grösser, als der gazu gehörige Gefässknäuel. Das gewundene Kanälchen steht nicht mit dem Urnierenkörperchen in Verbindung, sondern legt sich mit blindgeschlossenem Ende an die Kapsel an, während das andere Ende in den Wolff'schen Gang sich öffnet. Weiterhin zeigt die Urniere keinen bemerkenswerten Befund, Details sind kaum festzustellen, da die Schnitte zum Teil sehr lädiert sind.

Rechte Seite. Die Urniere beginnt kurz vor dem Abgang der sechsten Cervicalarterie mit isoliertem, gut entwickeltem Malpighi'schen Körperchen, das direkt unter dem Coelomepithel ventral vor der Vena cardinalis liegt. An einer Stelle ist die Kapsel vom Coelomepithel nicht scharf abzugrenzen. Es findet sich keine Andeutung eines gewundenen Kanälchens. Das nächste Urnierenkörperchen liegt, sich caudal sofort anschliessend, unter dem Coelomepithel in gleicher Lage zur Vena cardinalis. Sein gewundenes Kanälchen biegt in ähnlicher Weise, wie es für die linke Seite beschrieben wurde, in den Wolff'schen Gang um. Die nächsten Urnierensegmente sind zum Teil unvollständig. Zunächst folgt ein Urnierenkörperchen mit kleinem Glomerulus in der cranialen, grossem in der caudalen Hälfte. Neben dem cranialen Glomerulus geht ein gewundenes Kanälchen ab mit streckenweise unterbrochener Lichtung. Dann ist sehr bald das Kanälchen völlig unterbrochen; in seiner Fortsetzung folgt der zumeist lumenlose Rest, der sich ventral vor dem Malpighi'schen Körperchen unter dem Coelomepithel zum Wolff'schen Gang schiebt. Von der caudalen Hälfte desselben Malpighi'schen Körperchen geht ein gut entwickeltes gewundenes Kanälchen zu dem Ausführungsgang. Das nächste Malpighi'sche Körperchen ist sehr gross, besonders die Bowman'sche Kapsel sehr geräumig, das gewundene Kanälchen legt sich mit blindgeschlossenem Ende an die Kapsel nur an. Die weiteren Urnierensegmente zeigen zunächst keine Besonderheiten. Infolge der

starken Embryonalkrümmung werden in einem Schnitt meist mehrere Malpighi'sche Körperchen getroffen.

IV. Menschlicher Embryo, grösste Länge 6,75 mm.

(Angeführt Normentafel Tabelle 21.)

Linke Seite. Die Urniere beginnt in der Mitte zwischen siebenter und achter Cervicalarterie mit gut entwickeltem Malpighi'schem Körperchen, welches ventromedial vor der Vena cardinalis posterior gelegen ist. Das von dem Urnierenkörperchen ausgehende gewundene Kanälchen scheint — der Schnitt ist etwas lädiert — lateral vor der Vena cardinalis entlang laufend in den Wolff'schen Gang umzubiegen, der in eigener Falte direkt unter dem Coelomepithel ventrolateral von der Vene gelegen als Fortsetzung dieses ersten Urnierenkanälchens erscheint. Direkt ventral vor dem ersten Urnierenkörperchen liegt unter dem etwas vorgebuchteten Coelomepithel ventromedial von der Vene ein kleines Bläschen, dessen Wand aus niedrig-cylindrischem Epithel besteht. Es ist nur in drei Schnitten (à 15 μ) nachweisbar; der caudale Pol des Bläschens ist gegen das Coelomepithel nicht scharf abzugrenzen. Das Wolff'sche Organ zeigt weiterhin die charakteristische Entwicklung. Der Ausführungsgang nimmt von medial die gewundenen Kanälchen auf, an deren Einmündungsstellen er zumeist etwas erweitert, dazwischen oft streckenweise ohne Lichtung ist. Die Urnierenkörperchen sind gut entwickelt, haben keine Verbindung mit dem Coelomepithel. Die gewundenen Kanälchen lassen deutlich zwei Abschnitte unterscheiden. An die Bowman'sche Kapsel schliesst sich ein erweiterter Teil mit hellem, hohem Cylinderepithel an, der dann folgende in den Ausführungsgang mündende Abschnitt ist sehr eng mit niedrigem, kubischem Epithel. Auf ein Körpersegment kommen etwa drei Urnierensegmente.

Rechte Seite. Etwa in der Mitte zwischen sechster und siebenter Cervicalarterie liegt ventromedial vor der Vena

cardinalis posterior in gewissem Abstände vom Coelomepithel ein kleiner, in drei Schnitten à 15 μ nachweisbarer Zellhaufen, dessen niedrig cylindrische Zellen radiär wie um ein virtuelles Lumen gestellt sind. Dann folgt kurz vor dem Abgang der siebenten Cervicalarterie in gleicher Lage ein kleiner Zellstreifen, ebenfalls nur in drei Schnitten nachweisbar, dessen epitheliale Zellen eine charakteristische Anordnung nicht zeigen. Die in sich geschlossene Urniere beginnt einige Schnitte weiter caudal in der Mitte zwischen siebenter und achter Cervicalarterie in ganz ähnlicher Weise wie links und verhält sich auch weiterhin fast genau so. Nur findet sich nicht das oben erwähnte kleine Bläschen neben dem ersten linken Urnierenkörperchen. In der Rekonstruktion kommen die Windungen der Kanälchen rechts deutlicher zum Ausdruck als links, weil sie mehr in craniocaudaler Richtung sich ausdehnen, während sie links häufig mehr in der Ebene der Schnittrichtung gelegen sind.

V. Menschlicher Embryo, grösste Länge 6—7 mm.

Linke Seite. Die Urniere beginnt kurz cranial vor dem Abgang der siebenten Cervicalarterie. Der Wolff'sche Gang, in dessen craniales Ende das erste gewundene Kanälchen mündet, ist auf eine kurze Strecke von dem Coelomepithel nicht abzugrenzen. Die Malpighi'schen Körperchen sind verschieden gross, die gewundenen Kanälchen zeigen deutlich die zwei durch ihr verschiedenes Epithel unterschiedenen Abschnitte. Die Teile liegen in üblicher Anordnung ventral vor der Vena cardinalis.

Rechte Seite. Die Urniere beginnt etwa in der Mitte zwischen sechster und siebenter Cervicalarterie mit isoliertem kurzen Kanälchen, das in ein kleines Malpighi'sches Körperchen übergeht. Dann folgt ein grosses Malpighi'sches Körperchen mit relativ kleinem Glomerulus, das sich durch ein kurzes Nephrostomalkanälchen in das Coelom öffnet; von ge-

wundenem Kanälchen ist keine Andeutung vorhanden. Nun schliesst sich ein voll entwickeltes Urnierensegment an, dessen gewundenes Kanälchen in den Wolff'schen Gang mündet. Letzterer liegt an gewohnter Stelle ventrolateral vor der Vena cardinalis posterior und überragt die Einmündung dieses ersten gewundenen Drüsenkanälchens. Er hängt nirgends mit dem Coelomepithel zusammen. Dem ersten vollentwickelten Urnierensegment folgt erst wieder ein isoliertes Malpighi'sches Körperchen mit relativ sehr kleinem Gefässknäuel, dann erst die Reihe der gut entwickelten Urnierensegmente, deren erstes eine sehr grosse Bowman'sche Kapsel mit kleinem Gefässknäuel besitzt. Die Lage der Teile ventral vor der Vena cardinalis ist die gewöhnliche.

VI. Menschlicher Embryo, grösste Länge 8 mm.

Linke Seite. Es findet sich direkt caudal von dem Abgange der sechsten Cervicalarterie und im Bogen der Subclavia gelegen ein von cubischen Zellen gebildeter feiner Epithelschlauch mit sehr engem, stellenweise unterbrochenem Lumen. Das Kanälchen liegt mediodorsal von der Vena cardinalis in ihrem Bindegewebsmantel, rückt dann in seinem Verlaufe caudalwärts an die medioventrale Seite der Vene, immer in ihrem Mesenchymmantel gelegen. Von caudal schiebt sich gegen diesen Epithelschlauch eine trichterförmige Coelomepithelinstülpung vor; in diese wiederum hängt von cranial her in gradliniger Fortsetzung des Epithelschlauches ein von cubischem Epithel überzogener Gewebszapfen, in den ein Ästchen aus der Vena cardinalis zu verfolgen ist, herein. Das Lumen des Epithelschlauches geht nicht direkt in den Coelomepitheltrichter oder den Gewebszapfen über, sondern endet blind an der Wurzel des letzteren.

Die Urniere selbst beginnt in der Höhe des Ursprunges der achten Cervicalarterie mit gut entwickeltem Urnierenkörperchen; das von diesem ausgehende gewundene Kanälchen

biegt in den als seine Fortsetzung erscheinenden Wolff'schen Gang um; es ist ohne Lumen. Das Organ bietet keinen bemerkenswerten Befund. Die Lage zur Vena cardinalis ist wie gewöhnlich, Verbindungen mit dem Coelomepithel bestehen nicht, der Ausführungsgang ist zwischen den Einmündungsstellen der gewundenen Kanälchen zumeist verengt. Die Bowmann'schen Kapseln sind grösser als den Glomeruli entspricht. Auf ein Körpersegment kommen etwa drei Urnierensegmente.

Rechte Seite. Die Urniere beginnt in fast gleicher Weise wie links in der Höhe der achten Cervicalarterie. Die Bowmann'sche Kapsel des ersten, direkt unter dem Coelomepithel liegenden Urnierenkörperchen, öffnet sich an einer kleinen Stelle in die Leibeshöhle und hängt an einer zweiten Stelle daneben durch einen Zellzapfen mit dem Coelomepithel zusammen. Cranial vor dem Kanälchen, das von diesem Urnierenkörperchen ausgehend in den Wolff'schen Gang umbiegt, findet sich noch ein kleiner Epithelkanal, der zur übrigen Urniere und dem Coelomepithel keine direkte Verbindung hat. Die Urniere verhält sich im wesentlichen sonst wie links.

VII. Menschlicher Embryo, grösste Länge 8 mm.

(Angeführt Normentafel Tabelle 24.)

Linke Seite. Etwas cranial vor der sechsten Cervicalarterie finden sich lateral neben der Aorta, dorsal von der Vena cardinalis posterior ein kleines Kanälchen von etwa 40 μ Länge, aus Cylinderzellen, die ein enges Lumen umschliessen, gebildet und ein kurzer etwa 20 μ langer Zapfen epithelialer Zellen medial daneben. Die Urniere beginnt wenig caudal von der siebenten Cervicalarterie mit sehr kleinem Urnierenkörperchen, das ventromedial von der Vena cardinalis posterior im Urnierenwulst gelegen ist. Das von ihm ausgehende gewundene Kanälchen verläuft nach lateral und vereinigt sich mit dem Kanälchen des zweiten Urnieren-

segmentes zur Bildung des ventrolateral neben der Vena cardinalis direkt unter dem Coelomepithel gelegenen Wolffschen Ganges. Das zweite Urnierenkörperchen ist ebenfalls noch sehr klein, seine Bowmann'sche Kapsel öffnet sich durch ein kurzes weites Kanälchen in die Leibeshöhle, in welche der Glomerulus sich herausdrängt. Weiterhin werden die Urnierenkörperchen grösser, besonders ist die Bowmann'sche Kapsel oft auffallend weit im Verhältnis zu dem dazu gehörigen Gefässknäuel. Die Kanälchen sind typisch gewunden und lassen deutlich die schon im Falle IV genauer beschriebenen zwei Abschnitte unterscheiden. Das Kanälchen des vierten Urnierensegmentes geht nicht aus der Bowmannschen Kapsel hervor, sondern legt sich mit blind geschlossenem Ende an diese an. Die starke Krümmung des Embryo hat zur Folge, dass die Urnierensegmente zum Teil im Schnitt vor einander zu liegen kommen.

Der Wolff'sche Gang liegt ventrolateral vor der Vena cardinalis posterior direkt unter dem Coelomepithel, von dem er stellenweise nicht sicher abzugrenzen ist; zwischen den Einmündungsstellen der gewundenen Kanälchen fehlt streckenweise ein Lumen des Wolff'schen Ganges.

Rechte Seite. In der Höhe des Abganges der fünften Cervicalarterie findet sich lateral neben der Aorta, dorsal von der Vena cardinalis post. ein kleines Kanälchen, dessen Wand aus Cylinderzellen besteht, welche das sehr enge Lumen umsäumen. Das caudale Ende des Kanälchen ist hakenförmig nach medial umgebogen, an der Umbiegungsstelle ist ein Lumen nicht vorhanden. Die Länge des Kanälchen beträgt ca. 60 μ . Direkt caudal daran anschliessend findet sich ein zweites, etwa 30 μ langes Kanälchen gleichen Baues in der gleichen Lage zu den grossen Gefässen. Die Urniere selbst beginnt in der Höhe des Ursprunges der siebenten Cervicalarterie mit kleinem Urnierenkörperchen, das ventromedial an der Vena cardinalis post. in der Tiefe des Urnierenwulstes liegt. Das von ihm ausgehende Kanälchen läuft nach ven-

trolateral und vereinigt sich mit dem Kanälchen des zweiten Urnierenkörperchens, welches in gleicher Weise wie das erste neben der Vena cardinalis gelegen ist; das aus dieser Vereinigung entstandene Stämmchen verläuft nach ventrolateral bis gegen das hier etwas verdickte und unscharf begrenzte Coelomepithel, um ventral vor der Vena cardinalis nach caudal umzubiegen zur Bildung des Wolff'schen Ganges. Dieser liegt ventral vor der Vene direkt unter dem Coelomepithel, es zu einer Falte vorbuchtend. Das unn wieder scharf abzugrenzende Coelomepithel an seiner lateralen Seite ist auf eine kurze Strecke weit verdickt (Anlage des Müller'schen Ganges?) zu einer nach der Tiefe sich einwölbenden Leiste. Der Wolff'sche Gang und die Urnierensegmente verhalten sich in allen wesentlichen Punkten wie links.

Der Wulst an der dorsalen Wandung der Leibeshöhle, welcher in der Fortsetzung des Urnierenwulstes sich in das Coelom als Venacardinaliswulst vorwölbt, ist in der Höhe der beiderseitigen Kanalarudimente, welche oben erwähnt wurden, von einer Reihe longitudinaler Furchen zerteilt, sodass der ganze Wulst in mehrere Längsleisten zerlegt wird, von denen besonders deutlich je zwei an der Grenze gegen das Mesenterium dorsale in die Leibeshöhle hereinhängen. Dadurch dass bis in diese Leisten einige Venenstämmchen zu verfolgen sind und die Oberfläche der Leisten uneben höckerig ist, kann im Querschnitt das Bild fast wie ein äusseres Glomus entstehen, ohne dass aber ein solches einwandfrei zu erweisen wäre.

VIII. Menschlicher Embryo, grösste Länge 8 mm.

(Angeführt Normentafel Tabelle 31.)

Linke Seite. Die Urniere beginnt in der Höhe des Abganges der ersten Thoracalarterie. Der Wolff'sche Gang liegt ventrolateral von der Vena cardinalis posterior, die Urnierenkörperchen und gewundenen Kanälchen ventromedial

und ventral vor der Vene. Das craniale Ende des Wolff'schen Ganges ist nach medial etwas umgebogen und endet blind. Medial daneben liegt das erste Urnierenkörperchen isoliert ohne gewundenes Kanälchen. Ein kleines Kanalbruchstück liegt in seiner Nähe. Cranial vor dem Wolff'schen Gange liegt noch ein kurzes, beiderseits blind geschlossenes Kanälchen direkt unter dem Coelomepithel in einer Vorbuchtung der Coelomwand. Sowohl Ausführungsgang als gewundene Kanälchen enthalten streckenweise keine Lichtung.

Rechte Seite. In der Höhe zwischen siebenter und achter Cervicalarterie findet sich dorsomedial von der Vena cardinalis posterior neben der Aorta ein sich über sieben Schnitte erstreckendes Kanälchen, das von Cylinderzellen gebildet wird, welche ein sehr enges Lumen umschliessen. Medial neben dem caudalen Ende dieses Kanälchens liegt ein ganz ähnliches, nur in drei Schnitten nachweisbares mit relativ weitem Hohlraum.

Die Urniere beginnt caudal von der achten Cervicalarterie in ganz ähnlicher Weise wie links. Medial neben dem cranialen Ende des blind endigenden Wolff'schen Ganges liegt noch ein kurzes beiderseits blind geschlossenes Kanälchen. Ausserdem liegt direkt cranial vor Wolff'schem Gang und erstem vollständigem Urnierensegment ein gut entwickeltes Malpighisches Körperchen ohne Andeutung eines Urnierenkanälchens, lateral davon nahe unter dem Coelomepithel ein kurzer beiderseits mit freier Spitze endigender Epithelzellenstrang, sowie ein etwas längeres gewundenes Kanälchen, das cranial blind geschlossen mit seinem caudalen Ende frei in die Leibeshöhle mündet. Direkt caudal von dieser Mündung ragt von der Coelomwand ein kleiner kugeligter Anhang auf dünnem Stielchen in die Leibeshöhle herein.

Die gewundenen Kanälchen sind streckenweise ohne Lichtung, das Kanälchen des dritten Urnierensegmentes ist unterbrochen und das dazugehörige Urnierenkörperchen isoliert.

IX. Menschlicher Embryo, grösste Länge 8,75 mm.

(Angeführt Normentafel Tabelle 35.)

Linke Seite. In der Höhe zwischen fünfter und sechster Cervicalarterie findet sich ein über zwölf Schnitte à 15μ sich erstreckendes Kanälchen resp. ein Epithelzellenstrang, dorsomedial von der Vena cardinalis posterior im Niveau des dorsalen Umfanges der Aorta gelegen. In seiner cranialen Hälfte ist es ein von Cylinderzellen gebildetes Kanälchen mit sehr enger Lichtung, dann ist das Lumen an einem Schnitte in der Mitte der Gesamtlänge des Rudimentes unterbrochen — es lässt sich nicht entscheiden, ob nicht vielleicht das Kanälchen hier endet und sofort in seiner Fortsetzung ein zweites beginnt — um noch einmal im nächsten Schnitt aufzutreten; hier liegt die Lichtung aber excentrisch, indem die mediale Wandung in mehrschichtiger Zelllage als Zapfen gegen das Lumen vorspringt. Weiterhin besteht dann nur ein solider Zellstrang mit anfangs radiär gestellten Zellen, schliesslich lassen die Zellen eine solche Anordnung nicht mehr erkennen.

In der Höhe des Abganges der sechsten Cervicalarterie nimmt ventromedial vor der Vena cardinalis posterior ein Streifen epithelialer Zellen vom Coelomepithel seinen Ursprung und zieht sich, über vier Schnitte à 15μ nachweisbar, zum Mesenchymmantel der Vena cardinalis hin um in ihm ein Stück weit medial um die Vene herum nach cranial und dorsal zu verlaufen und dorsomedial von der Vene zu enden. Der Zellstreifen besitzt keinen eignen Mesenchymmantel und ist vom umgebenden Bindegewebe nicht überall ganz scharf abgesetzt; die Zellen zeigen keine radiäre oder sonstwie charakteristische Anordnung. Das Coelomepithel in dieser Region und noch etwas weiter caudalwärts springt im Winkel gegen das Mesenterium dorsale ventromedial vor der Vena cardinalis mit einigen unregelmässigen Längsfalten in die Leibeshöhle vor.

Der Wolff'sche Gang beginnt in der Höhe des Abganges der siebenten Cervicalarterie; er liegt direkt unter dem Coelomepithel, von dem er wohl infolge der Schnittrichtung nicht überall scharf abzusetzen ist, ventrolateral vor der Vena cardinalis posterior. Die ersten Urnierensegmente sind sehr unvollständig. Zunächst findet sich noch cranial vor dem Abgang der siebenten Cervicalarterie und cranial vor dem Wolff'schen Gange direkt unter dem Coelomepithel ventromedial vor der Vena cardinalis posterior ein kleines Kanälchen in einer Falte, die gegen die Leibeshöhle sich vorbuchtet. In gleicher Höhe liegt medial neben der Vena cardinalis ein kleines, gut entwickeltes Malpighi'sches Körperchen. Es zieht ein Streifen epithelial aussehender Zellen von diesem Malpighi'schen Körperchen gegen das oben erwähnte Kanälchen, von dem selbst wieder ein gleicher kurzer Zellstrang sich gegen das Coelomepithel erstreckt.

Dann folgen direkt unter dem Coelomepithel in der Höhe des Abganges der siebenten Cervicalarterie ventromedial von der Vena cardinalis drei kleine unvollkommen entwickelte Malpighi'sche Körperchen; die beiden ersten grenzen hart aneinander, scheinen aber nicht zusammen zu hängen. Das erste Malpighi'sche Körperchen zeigt ein weites kurzes Nephrostomalkanälchen. An den Bowmann'schen Kapseln dieser drei Körperchen sind keine Andeutungen von abgehenden gewundenen Kanälchen zu finden. Dagegen laufen in gleicher Höhe wie diese Malpighi'schen Körperchen gelegen und direkt neben ihnen beginnend, zwei gewundene Kanälchen ventral vor der Vena cardinalis zum Wolff'schen Gange, in dessen craniales Ende sie einbiegen. Die gewundenen Kanälchen lassen deutlich den characterischen engeren und weiteren Schenkel unterscheiden.

Nun schliesst sich der gut entwickelte Teil der Urniere an. So folgen noch zwischen siebenter und achter Cervicalarterie zwei typische gewundene Kanälchen mit grossen gut entwickelten Urnierenkörperchen, deren craniales ein weites

Nephrostomalkanälchen besitzt, durch welches der Glomerulus sich zum Teil herausdrängt. Zwischen den beiden Malpighi'schen Körperchen liegt direkt unter dem Coelomepithel und von ihm an seinem cranialen Ende nicht sicher abzugrenzen ein kurzes Kanälchen, dessen Wand aus radiär angeordneten Cylinderzellen gebildet wird.

Rechte Seite. In der Höhe des Abganges der fünften Cervicalarterie liegt dorsomedial von der Vena cardinalis ein kleines, über drei Schnitte à 15μ sich erstreckendes Kanälchen, dessen Wand aus Cylinderzellen gebildet wird. Nach wenigen Schnitten folgt in gleicher Lage zur Vena cardinalis ein kurzes Kanälchen, dessen Lumen aber excentrisch liegt, in dem die dorsale Wandung zapfenförmig nach innen sich vorbuchtet. Dieses Kanälchen setzt sich in einen soliden Zellstreifen fort, der sich noch über einige Schnitte nach caudal, direkt dorsomedial am Mesenchymmantel der Vena cardinalis post. gelegen, verfolgen lässt. Die Zellen dieses soliden Stranges zeigen keine irgendwie charakteristische Anordnung und sind durch keinen Mesenchymmantel gegen das übrige Bindegewebe abgesetzt. Kanälchen und Zellstrang erstrecken sich zusammen über acht Schnitte à 15μ .

Es folgt nun in der Höhe der sechsten Cervicalarterie, ein ganz ähnlicher Zellstreifen, der sich über drei Schnitte à 15μ erstreckt, aber ventromedial am Mesenchymmantel der Vena cardinalis gelegen ist. Eine Verbindung zu obigen dorsomedial an der Vene gelegenen Zellstreifen liess sich nicht nachweisen.

Schliesslich folgt etwas cranial vom Abgange der siebenten Cervicalarterie dorsomedial an der Vena cardinalis im Niveau des dorsalen Aortenumfangs ein ganz kleines Malpighi'sches Körperchen, an dessen Kapsel sich ein wie die obigen gestalteter Zellstrang anschliesst, der direkt am Mesenchymmantel der Vene spiralg an ihrer medialen Seite herumläuft um nach wenigen Schnitten ventromedial von ihr zu enden. Diese ganze Bildung erstreckt sich über fünf Schnitte à 15μ .

Der Wolff'sche beginnt in der Höhe des Abganges der siebenten Cervicalarterie; seine Lage ist die gleiche wie links. Sein craniales Ende läuft in einen soliden Zellzapfen aus, dessen Zellen auch nicht mehr radiäre Anordnung zeigen; an einer kleinen Stelle ist der Gang nicht scharf vom Coelomepithel abzugrenzen. Die ersten Urnierensegmente sind auf dieser Seite sogleich vollentwickelt. So liegen zwischen siebenter und achter Cervicalarterie drei typische gewundene Kanälchen mit gut entwickelten Urnierenkörperchen, deren cranialstes ein kurzes enges Nephrostomalkanälchen besitzt, während das zweite nur an einigen Stellen dem Coelomepithel so dicht anliegt, dass es mit ihm zusammenzuhängen scheint, das dritte dagegen keine besonderen Bildungen aufweist. Die Einmündungsstelle des ersten gewundenen Kanälchen liegt nicht ganz am cranialen Ende des Wolff'schen Ganges.

X. Menschlicher Embryo, grösste Länge 8—9 mm.

Linke Seite. In der Höhe des Abganges der fünften Cervicalarterie liegt dorsal an der Vena cardinalis post. ein kleines, etwa 40μ langes Kanälchen, das aus Cylinderzellen, die ein enges Lumen umschliessen, gebildet wird. In der Höhe des Abganges der sechsten Cervicalarterie findet sich ebenfalls dorsal an der Vena cardinalis ein kleines gut entwickeltes Malpighi'sches Körperchen, das sich im ganzen über acht Schnitte à 10μ erstreckt; seine Bowmann'sche Kapsel hat nach caudal einen kurzen stumpfen Fortsatz. Direkt am caudalen Ende dieses Malpighi'schen Körperchen beginnt, lateral hart neben ihm und dorsal an der Vena cardinalis gelegen, ein kleines von Cylinderzellen gebildetes Kanälchen. Es spaltet sich in zwei Schenkel, deren medialer nach wenigen Schnitten endet, während der längere laterale durch die hier in zwei Aeste geteilte Vena cardinalis hindurch verlaufend auf ihre ventrale Seite zu liegen kommt und hier noch eine Strecke nach caudal verläuft um blind direkt unter dem Coelomepithel

zu enden. Letzteres ist hier gegen das von cranial kommende Kanälchen eine kurze Strecke weit kanalförmig eingebuchtet. Die Gesamtlänge des Kanälchen beträgt etwa 150 μ .

Der Wolff'sche Gang beginnt in der Mitte zwischen siebenter und achter Cervicalarterie ventrolateral von der Vena cardinalis. Er verläuft von dem Coelomepithel, welches er stellenweise vorbuchtet, stets gut abgegrenzt caudalwärts; seine Lichtung ist anfangs sehr eng, nur an den Einmündungsstellen der gewundenen Kanälchen erweitert, nimmt caudalwärts immer mehr an Kaliber zu. Das erste Urnierensegment reicht mit seinem sehr grossen und gut entwickelten Malpighischen Körperchen bis in die Höhe des Abganges der siebenten Cervicalarterie; sein craniales Ende liegt dorsal von der Vena cardinalis, windet sich dann um deren mediale Seite herum, bis es ventral von ihr zu liegen kommt. Das anschliessende gewundene Kanälchen lässt deutlich den charakteristischen engeren und weiteren Schenkel unterscheiden und mündet in das craniale Ende des Wolff'schen Ganges ein, der anfangs gradezu als seine Fortsetzung erscheint. Nun folgt nach kurzem Abstände in der Höhe des Abganges der achten Cervicalarterie die in sich geschlossene Urniere mit vollkommen und charakteristisch entwickelten Segmenten. Die Urnierenkörperchen sind sehr verschieden gross, besonders wechselt die relative Grösse der Gefässknäuel, welche die Bowmann'sche Kapsel ganz füllen können oder ein grosses Stück von ihr offen lassen. Verbindungen mit dem Coelomepithel finden sich nicht.

Rechte Seite. Cranial vor dem Abgang der siebenten Cervicalarterie liegt ein kurzes, etwa 40 μ langes Kanälchen dorsal an der Vena cardinalis post.; es wird von niedrigen Cylinderzellen gebildet.

Der Wolff'sche Gang beginnt in der Höhe des Abganges der achten Cervicalarterie; sein Verhalten ist im wesentlichen wie links. Das erste Urnierensegment besteht aus einem sehr grossen Malpighischen Körperchen, dessen Gefässknäuel

relativ klein ist, sodass die Kapsel weit offen klafft. Das craniale Ende liegt medial neben der Vena cardinalis, schiebt sich dann mehr ventral in die Lage, die sonst die Urnierenkörperchen ventromedial von der Vene einnehmen. Das Urnierkanälchen ist lang und in weiter Schleife gewunden; es biegt in das craniale Ende des Wolff'schen Ganges um, der wiederum gradezu als seine Fortsetzung erscheint. Das andere Ende mündet nicht in die Bowmann'sche Kapsel des oben erwähnten Körperchens, sondern endet ihr direkt anliegend blind. Dann folgen die weiteren Urnierensegmente, von denen besonderes nicht zu erwähnen ist. Nur liegt zwischen drittem und viertem Urnierensegment ventral vor der Vena cardinalis ein kurzes gewundenes Kanälchen, das weder zu Ausführungsgang noch einem Urnierenkörperchen Beziehungen hat, sondern beiderseits blind endet.

XI. Menschlicher Embryo, grösste Länge 11,5 mm.

Die Urniere beginnt beiderseits in der Höhe des achten Thoracalnerven. Sie zeigt am cranialen Ende schon deutliche Rückbildungserscheinungen: die ersten Urnierensegmente sind in einzelne Stücke zersprengt, die Malpighi'schen Körperchen isoliert und zum Teil verödet, die gewundenen Kanälchen zum Teil ohne Lichtung, oft unterbrochen, sodass die Bruchstücke nicht mehr aneinander gereiht werden können. Auch der Wolff'sche Gang ist anfangs nur ein solider Zellstrang. Weiter caudal steht die Urniere dann auf der Höhe der Entwicklung; sie zeigt hier keinen besondern Befund. Der Müller'sche Gang beginnt am cranialen Ende der Urniere mit Coelomtrichter, der sich weiterhin zum Rohre schliesst, das dann lateral neben dem Wolff'schen Gang unter dem Coelomepithel entlang zieht um sehr bald wieder als solider Zellzapfen blind neben Wolff'schem Gange zu enden, dabei links hier mit dem Coelomepithel zusammenhängend.

XII. Menschlicher Embryo, grösste Länge 12,4 mm.

(Angeführt Normentafel Tabelle 53.)

Links findet sich etwas caudal nach dem Austritt des sechsten Cervicalnerven cranial vor Arteria subclavia, medial am Grenzstrang des Sympathicus und dorsal von den grossen Gefässen ein kurzes aus Cylinderzellen gebildetes Epithelrohr mit sehr engem Lumen in eigener Bindegewebsscheide. Ein ganz ähnliches Kanälchen in gleicher Lage zu den Gefässen und dem Sympathicus findet sich kurz caudal nach dem Austritt des siebenten Cervicalnerven.

Die Urniere beginnt links etwa in der Höhe des vierten, rechts des dritten Thoracalnerven. Die Urnierensegmente sind eng zusammengeschoben und zeigen am cranialen Ende des Organes deutliche Reduktionserscheinungen. Die Malpighi'schen Körperchen beginnen zu veröden, die Urnierkanälchen zerfallen in einzelne, oft lumenlose Bruchstücke, der Wolff'sche Gang ist oft streckenweise ohne Lichtung. Der Müller'sche Gang ist noch sehr kurz. Er beginnt beiderseits fast am apicalen Pol der Urniere mit weitem Coelomtrichter, verläuft als dickwandiges Kanälchen unter dem Coelomepithel, mit dem er noch stellenweise zusammenhängt, lateral neben dem Wolff'schen Gang, um dann bald mit blind geschlossenem Ende, das mit dem Coelomepithel zusammenhängt, zu enden. Die Keimdrüse reicht etwa bis in die Höhe des siebenten Thoracalnerven an der Urniere herauf.

XIII. Menschlicher Embryo, grösste Länge 13 mm.

(Angeführt Normentafel Tabelle 62.)

Die Urniere beginnt beiderseits etwa in der Höhe des Austrittes des achten Thoracalnerven; sie zeigt weitgehende Reduktionserscheinungen an ihrem cranialen Ende: Verödung der Malpighi'schen Körperchen, Zerfall der Urnierkanälchen in einzelne Bruchstücke, deren Lumen häufig schon verloren ist; der Wolff'sche Gang ist streckenweise ohne Lichtung.

Der Müller'sche Gang beginnt am cranialen Ende der Urniere mit weitem Fimbrientrichter und ist schon eine lange Strecke hin ausgebildet. Das craniale Ostium des Ganges ist auf der linken Seite rinnenförmig gestaltet und verläuft quer über den schon schmaler gewordenen Urnierenwulst, rechts ist es mehr circumscrip't und liegt lateral am Urnierenwulst. Der Müller'sche Gang verläuft dann direkt unter dem Coelomepithel lateral neben dem Wolff'schen Gange nach caudal weiter. Die Keimdrüse reicht fast bis an das craniale Ende der Urniere. In der Höhe zwischen drittem und viertem Thoracalnerven liegen rechts medial am Grenzstrang des Sympathicus, dorsal von den grossen Gefässen zwei Kanälchen, die aus Cylinderzellen, welche ein enges Lumen einschliessen, gebildet werden und von eigener Bindegewebs-scheide umhüllt sind. Das eine Kanälchen geht an seinem caudalen Ende in eine kleine vielleicht als Rudiment eines Malpighi'schen Körperchens zu deutende Bildung über.

XIV. Menschlicher Embryo grösste Länge 14 mm.

(Angeführt Normentafel Tabelle 51.)

Die Urniere beginnt beiderseits in der Höhe zwischen Austritt des zweiten und dritten Thoracalnerven; sie liegt wie gewöhnlich ventral vor der Vena cardinalis, der Wolff'sche Gang lateral, die Urnierenkörperchen medial. Es zeigen sich sehr deutliche Zeichen der begonnenen Rückbildung am cranialen Ende. Die Lichtung des Wolff'schen Ganges ist stellenweise kaum zu erkennen, die gewundenen Kanälchen sind oft ohne Lumen, zum Teil in einzelne Stücke zersprengt und ohne Zusammenhang mit einem Urnierenkörperchen oder dem Wolff'schen Gang, die Malpighi'schen Körperchen lassen zum Teil eine beginnende Verödung erkennen.

Der Müller'sche Gang ist beiderseits auf eine kurze Strecke angelegt. Er beginnt mit weitem Trichter lateral neben dem Wolff'schen Gange am apicalen Urnierenpole, läuft

dann als dickwandiges Kanälchen mit engem Lumen lateral neben dem Wolff'schen Gang direkt unter dem Coelomepithel, mit dem er an einer Stelle zusammenhängt, nach caudal um sehr bald mit blindem Zellzapfen zu enden.

In der Höhe zwischen dem Austritt des siebenten und achten Cervicalnerven liegt rechts im Bogen der Arteria subclavia, medial am Grenzstrang des Sympathicus, dorsal an den grossen Venen ein Vornierenrudiment, bestehend aus drei kleinen Kanälchen, die aus Cylinderzellen, welche ein enges Lumen umschliessen, gebildet werden und von gut entwickelter Bindegewebsscheide umgeben werden.

Versuchen wir nunmehr nach der detaillierten Beschreibung der einzelnen Befunde das Wesentliche davon zusammenzufassen und zu deuten. Es wurden bei sämtlichen untersuchten 14 Embryonen am cranialen Ende der Urniere und davor einzelne isolierte Kanälchen oder Malpighi'sche Körperchen gefunden, die keinen Zusammenhang mit der übrigen geschlossenen Urniere hatten. Es kann sich bei diesen Bildungen nur um Vorniere oder Urniere handeln, da andere Organe hier in der Leibeshöhlenwand und in nächster Nachbarschaft zur Vena cardinalis nicht in Frage kommen, ausserdem noch durch den Befund der Malpighi'schen Körperchen erwiesen wird, dass es sich um ein Nierenorgan handeln muss. Es sind diese isolierten Kanälchen vom topographischen Gesichtspunkte aus in zwei Gruppen zu zerlegen, in solche, die in der direkten Fortsetzung der Urniere im Urnierenwulst ventral vor der Vena cardinalis liegen, und zweitens in Kanälchen, die dorsal von den grossen Gefässen im Mesenchym sich finden. Dieses topographische Moment ist für die Beurteilung von ausschlaggebender Bedeutung. Die Urniere liegt bei jüngeren Embryonen stets zwischen der Vena cardinalis und dem Coelomepithel; erst wenn bei fortgeschrittener Entwicklung sowohl das Gefässsystem weitgehend umgebildet, als auch die Urniere selbst verlagert

wird, können andere topographische Beziehungen sich ergeben. So sind also sämtliche Kanälchen, die bei den hier in Frage stehenden Embryonen dorsal von der Vena cardinalis liegen, nicht zur Urniere zu rechnen und damit als Vornierenteile aufzufassen.

Es kommen nun noch eine Reihe von Punkten in Frage, die die Deutung isolierter Kanälchen hier am Kopfende der Urniere beeinflussen können. Zunächst ist hervorzuheben, dass die Segmenthöhe als solche zur Entscheidung, ob Vornierenreste oder Urnierenteile vorliegen, nicht benutzt werden kann. Die craniale Grenze der Urniere findet sich zwar zumeist in der Höhe der siebenten Cervicalarterie, das Organ kann aber auch bei Embryonen ungefähr des gleichen Entwicklungsgrades bis vor die sechste, oder nur bis an die achte Cervicalarterie reichen. Sehr häufig bestehen auch geringe Höhenunterschiede in den cranialen Urnierengrenzen zwischen den beiden Seiten eines Embryo. Es ist also zunächst ein nicht unerhebliches Schwanken der cranialen Urnierengrenze bei Embryonen ungefähr des gleichen Entwicklungsgrades festzustellen.

Dann verschiebt sich aber bei fortschreitender Entwicklung sehr bald die Urniere im ganzen nach caudal, sodass von vornherein es nicht unmöglich ist, dass auch isolierte Rudimente verschoben werden, wie sich aus den Befunden ebenfalls ergibt. Es ist dieses Zurückweichen nach caudal zum Teil sicher als reell vorhanden anzusehen, wie ja überhaupt die meisten Organe der vorderen Körperhälfte anfangs weiter cranial gelegen sind, als späterhin, beruht aber andererseits zum sehr wesentlichen Teile besonders grade bei jüngeren Embryonen auf Rückbildungserscheinungen. Reduktionen am vorderen Ende der Urniere, die im Zerfall der gewundenen Kanälchen und des Wolff'schen Ganges in einzelne oft lumenlose Bruchstücke sowie in der Isolierung und Verödung von Urnierenkörperchen zum Ausdruck kommen, können schon sehr frühzeitig auftreten. Sie wurden schon

bei Embryonen von 5—6 mm mit Sicherheit konstatiert (Fall II und III) und nehmen dann immer mehr zu. Kombiniert sich nun segmentale Verschiebung der Urniere und Rückbildung am cranialen Ende des Organes, so ist es leicht zu verstehen, dass einzelne Kanalbruchstücke oder isolierte Malpighi'sche Körperchen, die den Zusammenhang mit dem Hauptorgan verloren haben, cranial vor diesem liegen bleiben können. Diese Teile müssen aber zunächst natürlich ihre Lage zwischen Vena cardinalis und Coelomepithel beibehalten. Auf diese Weise sind wohl am ungezwungensten, abgesehen von älteren Embryonen, die Befunde, wie sie die Embryonen 5—6 mm Fall III, 6,75 mm Fall IV, 8 mm Fall VI und 8,75 mm Fall IX bieten, zu erklären.

Ein dritter wichtiger Punkt, der leicht zu Verwechslungen Veranlassung geben kann, ist in den Beziehungen der Urnierenteile zum Epithel der Leibeshöhle gegeben. Diese können sich darstellen als Zellverbindungen des Wolff'schen Ganges mit dem Coelomepithel an verschiedenen Stellen, sowie als solide Zellstreifen oder kurze Nephrostomalkanälchen, welche die Bowmann'schen Kapseln der Nierenkörperchen mit dem Coelomepithel direkt verbinden. Robert Meyer (1904) hat nach Untersuchungen an Meerschweinchenembryonen und Befunden am Menschen erneut darauf hingewiesen, dass solche Verbindungen sekundär und wohl regelmässig entstehen, aber nur kurze Zeit bestehen bleiben. Sind solche Nephrostomalkanälchen kurz und weit, so kann es vorkommen, dass der Glomerulus aus der Bowmann'schen Kapsel heraus teilweise oder ganz in die Leibeshöhle hereinhängt, so dass ein sekundär freies oder halbfreies Glomus entsteht. Solche Befunde konnte ich bei dem Embryo 8 mm Fall VII — zweites Urnierenkörperchen der linken Seite — und dem Embryo 8,75 mm Fall IX — linke Urniere — feststellen. Keibel (1905) konnte ganz ähnliche Bilder bei *Tarsius spectrum* gewinnen und betont besonders die sekundäre Natur dieser freien Gefässknäuel, die nicht gestatte, sie als Vornieren-

glomera zu betrachten. Nephrostomalkanälchen und solide Zellverbindungen können sich auch an losgetrennten Urnierenkörperchen finden, wie bei den Embryonen 5—6 mm Fall III, 6,75 mm Fall IV, 8,75 mm Fall IX, ohne dass man berechtigt wäre, deswegen solche Rudimente als nicht zur Urniere gehörig zu betrachten.

Bietet so schon das craniale Ende der Urniere ein sehr wechselvolles Bild, so ist das gleiche mit den Kanälchen und Kanalbruchstücken, die ihrer Lage dorsal von der Vena cardinalis wegen als Vornierenrudimente gedeutet wurden, der Fall. Diese Rudimente wurden gefunden in der Höhe der vierten Cervicalarterie einerseits bei dem Embryo 4 mm Fall I, in der Höhe des dritten bis vierten Thoracalnerven andererseits bei dem Embryo 13 mm, Fall XIII. Stets lagen diese Rudimente aber cranial vor der Urniere, niemals in gleicher Höhe mit Teilen von ihr. Die Ausbildung und das weitere Verhalten dieser Kanälchen kann sich ausserordentlich verschieden gestalten. Die Rudimente können als kleine Zellbläschen (Embryo 4 mm Fall I), kürzere oder längere, grade oder gewundene Kanälchen mit oder ohne Lumen, als Zellstreifen ohne eignen Mesenchymmantel (Embryo IX 8,75 mm), als echte Malpighi'sche Körperchen (Embryo IX 8,75 mm, X 8—9 mm) erscheinen mit allen Uebergangstadien zwischen diesen einzelnen Formen der Ausbildungen. Die Rudimente bleiben entweder dorsal von der Vena cardinalis liegen oder schieben sich an ihrer medialen Seite vorbei (Embryo VI 8 mm, IX 8,75 mm) oder durch sie hindurch (Embryo I 4 mm, X 8—9 mm) ventral zwischen Vene und Coelomepithel. Hier können sie dicht unter dem Coelomepithel enden (Embryo V 8,75 mm) mit ihm verschmelzen (Embryo I 4 mm, IX 8,75 mm) oder das Coelomepithel stülpt sich kanalförmig oder trichterartig gegen das Vornierenrudiment ein (Embryo VI 8 mm, X 8—9 mm). Werden solche ventral von der Vena cardinalis gelagerte Fortsätze der Vorniere von dem dorsal gelegenen Abschnitt getrennt, so wird es kaum möglich sein mit

Sicherheit festzustellen, dass hierin Vornierenreste zu sehen sind. Nur bei dem Embryo I 4 mm glaube ich doch ausnahmsweise aus der Gesamtconfiguration schliessen zu dürfen, dass das Zellbläschen, welches in der Höhe der fünften Cervicalarterie medial neben der Vena cardinalis liegt und mit dem Coelomepithel durch einen Zellstreifen zusammenhängt, als Vornierenrest zu deuten ist.

Nur zweimal konnten Bildungen festgestellt werden, die sich vielleicht als Rudimente äusserer Glomera deuten lassen. Ich meine die eigentümliche Art wie bei dem Embryo VI 8 mm in der Fortsetzung des Vornierenrudimentes ein Zellzapfen, in den ein venöses Gefässstämmchen zu verfolgen war, in den Coelomepitheltrichter hereinhängt, sowie die unregelmässigen Vorbuchtungen der Coelomwand bei dem Embryo VII 8 mm, die ebenfalls Gefässe enthielten. Doch will ich gerade diesem letzteren Befunde kein allzugrosses Gewicht beilegen. Es kommen nämlich unregelmässige, manchmal auch mehr circumscriphte Vorbuckelungen der Coelomwand nicht selten an ganz anderen Stellen als dem Urnierenwulste, am Mesenterium dorsale, an der lateralen Coelomwand im Gebiet der Cervicalsegmente vor, sodass es wahrscheinlich wird, dass solche Bildungen eine ganz andere Bedeutung haben als rudimentäre Vornierenglomera. Zur Vorsicht mahnt weiterhin die Tatsache, dass echte, kleine Malpighi'sche Körperchen dorsal an der Vena cardinalis neben einfachen Kanalresten sich finden können (Embryo IX 8,75 mm, X 8—9 mm). Es ist dies ein sehr auffallender Befund. Während gefässführende Vorbuckelungen der Coelomwand, wie auch oben erwähnt, verschiedentlich als Reste äusserer Glomera gedeutet wurden (Janosik 1887, Tandler 1905, Keibel 1905, 1908, Ingalls 1907, Elze 1907, 1908), werden solche echte Malpighi'sche Körperchen dorsal von der Vena cardinalis nirgends erwähnt. Sollte diese Erscheinung sich als häufiger vorkommend erweisen, so ist es von vornherein nicht wahrscheinlich, dass ausserdem noch äussere Glomera auftreten.

Besonders interessant sind nun Uebergangsbilder zwischen echter ventral von der Vena cardinalis gelegener Urniere und dorsalen Vornierenrudimenten. Bei dem Embryo IX 8,75 mm liegt am cranialen Ende der linken Urniere ein Malpighi'sches Körperchen ohne Zusammenhang mit dem übrigen Organ, doch mit den Resten eines Kanälchen, welches zum Coelom-epithel zieht, ausserhalb der Reihe der Urnierenkörperchen an der medialen Wand der Vena cardinalis und damit nicht mehr ganz an der gewöhnlichen Stelle ventromedial vor der Vene. Bei dem Embryo X 8—9 mm schiebt sich nun beiderseits das craniale gut entwickelte Urnierensegment, welches in gewissem Abstände vor dem nächst folgenden gelegen ist, aber in nichts sonst als etwas besonderes sich darstellt, mit seinem Malpighi'schen Körperchen von der ventralen Seite der Vene an ihre mediale Fläche, um links schliesslich erst dorsomedial von der Vene zu enden. Diese Befunde scheinen mir nicht ohne Bedeutung zu sein für die Frage, ob Vorniere und Urniere selbständig nebeneinander stehen und auch im gleichen Segmente auftreten können. Während Janosik (1904) bei Untersuchung früher Stadien von Zieseembryonen glaubt einen Zusammenhang und continuierlichen Uebergang von Vorniere in Urniere feststellen zu können, was direkt an Befunde bei Sauropsiden (Gasser 1878, 1879, 1882, Siemerling 1882, Kerens 1906) sich anschliessen lassen würde, hält im Gegensatz Robert Meyer (1909) auf Grund der Beobachtungen von Keibel (1905) an *Tarsius spectrum* die Frage des Holonephros im negativen Sinne für entschieden. Keibel selbst drückt sich nun zunächst über seine Befunde sehr zurückhaltend und vorsichtig aus, und ich bin der Ansicht, dass die Befunde bei *Tarsius* sich nicht in dem Sinne verwerten lassen, dass Vorniere und Urniere im gleichen Segmente auftreten. Ich kann wenigstens aus den Beschreibungen und Abbildungen von Keibel mich nicht überzeugen, dass hier sicher Vornierenrudimente vorliegen, denke vielmehr an die Möglichkeit, dass die Bilder als Re-

ductionen von Urnienteilen und Nephrostomalkanälchen zu erklären sind. Durch die Tatsache, dass ich Vornierenreste stets cranial vor der Urniere finde, sowie aus Uebergangsbildern, wie sie die oben beschriebenen Befunde bei den Embryonen IX und X bieten, werden wohl Uebergangspartien, welche von Vorniere zur Urniere überleiten, wahrscheinlich gemacht. Grade in diesem Punkte möchte ich aber mich nur sehr zurückhaltend äussern, da ausser den Befunden beim Menschen bei den übrigen Säugern in dieser Hinsicht nur wenig aus der Zeit der ersten Anlage bekannt ist.

Aus dem Gesagten lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

Es bestehen Vornierenrudimente beim menschlichen Embryo in individuell sehr verschiedener Ausbildung, die durch das Vorhandensein von Malpighi'schen Körperchen und Verbindungen zum Coelomepithel als Nierenbildungen sich erweisen, durch ihre Lage dorsal von den grossen Gefässen von der Urniere sicher zu unterscheiden sind.

Es besteht weiterhin in einzelnen Fällen ein Gebiet von Nierensegmenten, die durch ihre Lage medial und dorsomedial von der Vena cardinalis bei Zusammenhang mit der eigentlichen Urniere weder kurzweg der Urniere noch der Vorniere zuzurechnen sind, wahrscheinlich als Uebergangskanälchen zu bezeichnen sind.

Es setzen schon sehr frühzeitig am cranialen Ende der Urniere Rückbildungserscheinungen ein, die zu Isolierung von Stücken des Wolff'schen Ganges und der gewundenen Kanälchen, sowie der Urnierenkörperchen führen können.

Die Bestimmung der Segmenthöhe von isolierten Kanälchen lässt sich zur Differenzierung von Vorniere und Urniere nicht verwerten, da von vornherein die craniale Grenze der Urniere individuell verschieden ist, bei fortschreitender Entwicklung ausgedehnte Verschiebungen statthaben können, sodass isolierte Urnierenreste cranial zurückbleiben, Vornierenrudimente auch eine Strecke weit caudal verlagert werden können.

Als einziges sicheres Merkmal bleibt bestehen, dass dorsal von der Vena cardinalis Vornierenreste zu erwarten sind. Solche isolierte Kanälchen, die ventral vor der Vena cardinalis liegen, werden zum Teil leicht als rückgebildete Urnierenteile zu erkennen sein, zum Teil wird man es unentschieden lassen müssen, ob es sich um in ventrale Lage geratene Vornierenrudimente oder reduzierte Urnierenteile handelt.

Bei den untersuchten 14 Embryonen fanden sich Vornierenrudimente in neun Fällen, und zwar viermal doppelseitig (Embryo I, VII, IX, X), zweimal nur linksseitig (Embryo VI, XII), dreimal nur rechtsseitig (Embryo VIII, XIII, XIV).

Literaturverzeichnis.

1. J. L. Bremer. Description of a 4 mm human embryo. American journal of anatomy, volume 5, 1906.
2. Curt Elze. Beschreibung eines menschlichen Embryo von zirka 7 mm grösster Länge. Anatomische Hefte, Band 35, 1907.
3. W. Felix und A. Bühler. Die Entwicklung der Harn- und Geschlechtsorgane. Handbuch der vergleichenden und experimentellen Entwicklungslehre der Wirbeltiere, herausgegeben von O. Hertwig. Band III, Jena 1906.
4. Susanna Phelps Gage. The mesonephros of a three weeks human embryo. Proceedings of the association of american anatomists. American journal of anatomy, volume 3, 1904.
5. E. Gasser. Ueber das obere Ende des Wolff'schen Ganges und die primäre Urnierenanlage. Diese Berichte 1878.
6. — Beiträge zur Entwicklung des Urogenitalsystems der Hühnerembryonen. Diese Berichte 1879.
7. Ueber die Entwicklung von *Alytes obstetricans*. Diese Berichte 1882.
8. J. Janosik. Zwei junge menschliche Embryonen. Archiv für microscopische Anatomie, Band 30, 1887.
9. J. Janosik. Ueber die Entwicklung der Vorniere und des Vornierenganges bei Säugern. Bulletin international de l'académie des sciences de Bohême, IX, 1904.
10. J. Janosik. Ueber die Entwicklung der Vorniere und des Vornierenganges bei Säugern. Archiv für microscopische Anatomie, Band 64, 1904.

11. N. W. Jugalls. Beschreibung eines menschlichen Embryo von 4,9 mm. Archiv für microscopische Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Band 70, 1907.
 12. Franz Keibel. Zur Embryologie des Menschen, der Affen und der Halbaffen. Verhandlungen der anatomischen Gesellschaft XIX, 1905.
 13. — und Curt Elze. Normentafel zur Entwicklungsgeschichte des Menschen, Jena 1908.
 14. Berthe Kerens. Recherches sur les premières phases du développement de l'appareil excréteur des Amniotes. Archives de biologie, Tome 22, 1906.
 15. J. B. Mac Callum. Notes on the Wolffian body of higher Mammals. American journal of anatomy, volume 1, 1902.
 16. Robert Meyer. Ueber die Beziehung der Urnierenkanälchen zum Coelomepithel nach Untersuchungen an Meerschweinchen-Embryonen. Anatomischer Anzeiger, Band 25, 1904.
 17. — Ueber sogenannte Vornierenreste bei menschlichen Embryonen. Gesellschaft für Geburtshilfe und Gynäkologie zu Berlin. Zentralblatt für Gynäkologie, Band 33, 1909.
 18. — Ueber sogenannte Vornierenreste und das nephrogene Zwischenblastem bei menschlichen Embryonen und ihre eventuelle pathologische Persistenz. Charité-Annalen, Band 33, 1909.
 19. C. Phisalix. Etude d'un embryon humain de 10 millimètres. Archives de zoologie expérimentale et générale, 2. série, Tome 6, 1888.
 20. George Renson. Recherches sur le rein céphalique et le corps de Wolff chez les oiseaux et les mammifères. Archiv für microscopische Anatomie, Band 22, 1883.
 21. Ernst Siemerling. Beiträge zur Embryologie der Excretionsorgane des Vogels. Inauguraldissertation Marburg 1882.
 22. Julius Tandler. Ueber Vornierenrudimente beim menschlichen Embryo. Verhandlung der morphologisch-physiologischen Gesellschaft zu Wien. Zentralblatt für Physiologie, Band 18, 1905.
 23. — Ueber Vornierenrudimente beim menschlichen Embryo. Anatom. Hefte, Band 28, 1905.
 24. — Ueber einen menschlichen Embryo vom 38. Tage. Anatomischer Anzeiger, Band 31, 1907.
 25. Peter Thompson. Description of a human embryo of twenty-three paired somites. Journal of anatomy and physiology, volume 41, 1907.
-

Zum Schluss sprach Herr F. A. Schulze über:

Die Abhängigkeit des Elastizitätsmoduls von Spannung und Torsion.

Dass das Hooke'sche Gesetz, wonach die relative Dehnung eines Drahtes genau proportional der Spannung sein soll, auch innerhalb der Elastizitätsgrenze nicht streng gültig ist, ist mehrfach konstatiert worden. Die genauesten Versuche hierüber sind wohl diejenigen, die J. O. Thompson¹⁾ auf Veranlassung von Herrn F. Kohlrausch ausgeführt hat. Danach nimmt der Elastizitätsmodul, der nach dem Hooke'schen Gesetz unabhängig von der Spannung sein soll, mit wachsender Spannung allmählich ab. Die Abnahme kann einige Procente betragen.

Definiert man übrigens das Hooke'sche Gesetz dahin, dass der Quotient $\frac{dP}{d\lambda}$ (P Spannung, λ relative Verlängerung), d. h. der Elastizitätsmodul für sehr kleine Dehnungen berechnet, stets konstant bleiben soll, so muss die tatsächliche Verlängerung X nicht proportional, sondern beschleunigt mit dem angehängten Gewicht p wachsen, wie es J. O. Thompson für alle untersuchten Substanzen gefunden hat, weil ja mit wachsendem Gewicht die Länge selbst wächst, also die bei gleicher Belastungsänderung dp eintretende gleichbleibende relative Verlängerung $d\lambda$ ein allmähliches Anwachsen der tatsächlichen Verlängerung dX mit wachsender Belastung bedingt. Hierauf hat, wie ich durch eine freundliche Mitteilung von Herrn E. Neumann erfuhr, bereits vor einigen Jahren Herr Clemens Schaefer in einem unveröffentlichten Vortrag aufmerksam gemacht.

1) J. O. Thompson, Wied. Ann. 44, 555. 1891.

Auch die Querschnittsverminderung wirkt in gleicher Weise, da bei vermindertem Querschnitt dieselbe tatsächliche Belastungsänderung dp einer vermehrten auf die Fläche 1 berechneten Spannung P entspricht.

Ist q_0 der Anfangswert von q , so ist der zu einem bestimmten Wert von l gehörende Wert von q , wenn μ die Elastizitätszahl ist, $q = q_0 \left(1 + 2\mu - 2\mu \frac{l}{l_0} \right)$ unter Vernachlässigung sehr kleiner Glieder. Zur Abkürzung sei $1 + 2\mu = \alpha$, $\frac{2\mu}{l_0} = \beta$ gesetzt. Es wird $\frac{dl}{dp} \frac{q}{l} = \frac{1}{E_0} = \frac{dl}{dp} q_0 \frac{\alpha - \beta l}{l} = \text{const.}$ Integration gibt $\alpha \log \text{nat } l - \beta l = \frac{p}{E_0 q_0} + c'$; die Bedingung $l = l_0$ für $p = 0$ gibt: $\alpha \log \text{nat } \frac{l}{l_0} - \beta(l - l_0) = \frac{1}{q_0 E_0} p$.

Es sei die tatsächliche Verlängerung $l - l_0 = X$. Es wird: $\alpha \log \text{nat} \left(1 + \frac{X}{l_0} \right) - \beta X = \frac{1}{q_0 E_0} \cdot p$ und bei Benutzung der Reihe für $\log \text{nat}$ annähernd: $\alpha \frac{X}{l_0} - \alpha \frac{X^2}{2l_0^2} - \beta X = \frac{1}{q_0 E_0} \cdot p$; hieraus $X = \frac{l_0}{\alpha} - \frac{l_0}{\alpha} \sqrt{1 - \frac{2\alpha}{q E_0} p}$; Benutzung der binomischen Reihe gibt 1) $X = \frac{l_0}{q_0 E_0} \cdot p + \frac{l_0 \alpha}{2 q_0^2 E_0^2} \cdot p^2$.

Das erste Glied allein würde das Hooke'sche Gesetz ergeben; das zweite besagt, dass die Verlängerungen schneller wachsen wie die Belastungen.

Es entspricht dies qualitativ dem von J. O. Thompson erhaltenen Resultat. Jedoch ist dies zweite Glied zahlenmäßig experimentell erheblich grösser gefunden, als es nach 1) ist.

Es sei z. B., wie es in runden Zahlen den Versuchen von Thompson entspricht, bei Stahldraht $l_0 = 20\,000$ mm,

$$q_0 = \frac{1}{20} \text{ qmm, } E = 20\,000 \frac{\text{kg Gew.}}{\text{mm}^2}, \quad p = 1 \text{ kg.} \quad \mu = 0,3;$$

$$\alpha = 1,6, \quad X = 20 \text{ mm} + 0,0008 \text{ mm.}$$

Bei den Versuchen von J. O. Thompson ergab sich dagegen bei ungefähr denselben Bedingungen allgemein für den untersuchten Stahldraht in denselben Einheiten $X = 34,672 P + 0,6498 P^2$, also für $P = 1$: $X = 34,672 \text{ mm} + 0,6498 \text{ mm}$.

Während also unter der Annahme absolut konstanten Elastizitätsmoduls die beschleunigte Zunahme der Verlängerung bei vorliegendem Versuch nur etwa $\frac{1}{1000}$ mm beträgt, also kaum zu messen gewesen wäre, war sie tatsächlich über $\frac{1}{2}$ mm gross.

Alle bisherigen Versuche beziehen sich auf den isothermen, aus statischen Versuchen ermittelten Elastizitätsmodul. Eindeutige Resultate geben sie nur, solange die Nachwirkung nicht merklich wird.

Die im folgenden beschriebenen Versuche beschäftigen sich mit der Abhängigkeit des adiabatischen, aus der Schwingungszahl des Longitudinaltones bestimmten Elastizitätsmoduls, der also von den Einflüssen der Nachwirkung frei ist, von der Spannung, bez. Dehnung und Torsion. Es kamen Drähte aus Stahl, Neusilber, reinem Silber, 800-Silber und Messing zur Untersuchung.

In Längen von ca. 1 m wurden sie im Weber'schen Monochord eingespannt und der Longitudinalton bestimmt bei beiderseits festgeklebten Enden. Es wurden zwei Messungsreihen gemacht. Die eine derart, dass der Draht mittels einer Schraube successive um gemessene kleine Stücke verlängert wurde (je $\frac{1}{2}$ mm). In einer zweiten Versuchsreihe wurden dem Drahte steigende gemessene Spannungen erteilt. In beiden Versuchsreihen wurde die Schwingungszahl des Longitudinaltones in der Weise bestimmt, dass das

Intervall, welches sein gegen eine Normalstimmgabel (2048 v. d.) von Rudolf Koenig entstehender erster Differenzton mit einer zweiten Normalgabel bildete, nach dem Gehör geschätzt wurde. Es war damit die Tonhöhe des ersten Differenztones und weiter auch die Schwingungszahl des Longitudinaltones des Drahtes selbst bestimmbar. Aus dieser lässt sich in bekannter Weise der adiabatische Elastizitätsmodul berechnen, wenn noch Dichte und Länge des Drahtes bekannt ist.

Das Resultat war bei allen untersuchten Drahtsorten das folgende:

Der adiabatische Elastizitätsmodul nimmt bis zum Zerreißen des Drahtes linear mit wachsender Verlängerung, bez. Spannung ab. $E = E_0 - a\lambda$, bez. $E = E_0 - cp$. Es sei besonders hervorgehoben, dass an der Elastizitätsgrenze keinerlei Unstetigkeit oder schnelle Aenderung in dieser linearen Abnahme des Elastizitätsmoduls zu bemerken war.

Der Grössenordnung nach war die Abnahme dieselbe, wie sie sich bei den nur innerhalb der Grenze der Nachwirkungsfreiheit gültigen Versuchen von J. O. Thompson ergeben hatte.

Die gesamte Aenderung, die der Elastizitätsmodul, vom ungedehnten Zustand bis dicht vor dem Zerreißen erfährt, ist nur gering. Er beträgt z. B. bei Stahl etwa 8%, und wenn man ausserdem noch den veränderten Querschnitt berücksichtigt, nur etwa 6%.

Anmerkung: Die unmittelbare Veranlassung zu diesen Versuchen waren für mich die mehrfach geäusserten Bedenken, ob nicht bei dem von mir für zur Bestimmung der oberen Hörgrenze und Perzeptionsfähigkeit des Ohres für hohe Töne konstruierten Monochord (F. A. Schulze, Zeitschrift für Ohrenheilkunde, 66, 167, 1908) bei welchem die Longitudinalschwingungen von Drähten benutzt werden, die Spannung von wesentlichem Einfluss auf die Tonhöhe sei. So klar es von vornherein ist, dass Spannungsänderungen nur minimale Aenderungen der Tonhöhe bedingen, schien es mir doch von Wert, die genaue Aenderung festzustellen. Wie man sieht, und wie ich auch l. c. bereits ausgeführt habe, sind die minimalen Aenderungen für den praktischen Gebrauch des Instrumentes bedeutungslos.

Von Interesse ist, dass eine Aenderung des Elastizitätsmoduls während der Nachwirkung, die bei einigen Versuchen sowohl an Zeitdauer, wie an Grösse sehr beträchtlich war, nicht zu konstatieren war. (Es war dies natürlich nur bei der zweiten Versuchsreihe zu konstatieren.)

Das ausführliche Zahlenmaterial soll an anderer Stelle mitgeteilt werden. Das Wesentliche ist in der folgenden Tabelle enthalten, in der s die Dichte, q den Querschnitt, Z die Zugfestigkeit, E_o den Elastizitätsmodul für den ungespannten Zustand, a und c die Konstanten in den Beziehungen $E_\lambda = E_o - a\lambda$, $E_p = E_o - cp$ bedeuten. (Die Einheiten Kilogramm und Millimeter.)

Substanz	s	q	Z	E_o	a	c
Stahl	7,90	0,0467	252	20 287	76 000	4,10
Neusilber. . .	8,50	0,0480	187	11 512	100 070	—
Reines Silber .	10,48	0,0499	32,1	7 777	42 890	—
Messing . . .	8,11	0,0725	89,5	10 362	51 320	4,21
800 Silber . .	8,52	0,103	67	6 479	21 160	—

In einer dritten Versuchsreihe wurde die Abhängigkeit des adiabatischen Elastizitätsmoduls von der Torsion bei Stahl und Messing untersucht.

Es ergab sich folgendes:

Bis zu sehr erheblichen Torsionen bleibt, bei verschiedensten daneben bestehenden Spannungen, der Elastizitätsmodul konstant.

Es stimmt dieses Resultat überein mit einer von W.Voigt¹⁾ aus einer durch Einführung von Gliedern dritten Grades der Deformationsgrössen in das elastische Potential erweiterten Elastizitätstheorie gezogenen Schlussfolgerung.

Erst nach sehr grossen Torsionen erfuhr der Elastizitätsmodul ziemlich plötzlich eine Aenderung, indem er bei Stahl

1) W. Voigt, Wied. Ann. 52, 536. 1894.

um 1% zunahm, bei Messing um etwa 1% abnahm. Diese veränderten Werte behielt er bis zum Zerreißen. Diese kritische Drehung war unabhängig von der Belastung und betrug eine ganze Umdrehung auf ca. 4,6 mm bei Stahl, auf ca. 65 mm bei Messing.

Bei dieser Versuchsreihe ergab sich ferner folgendes:

Die Zugfestigkeit nimmt mit wachsender Torsion ab; eine Erscheinung, die auch bereits von J. Kramm (Inaug.-Diss. Marburg 1873) gefunden, seitdem aber nicht weiter verfolgt ist.

Kramm zog aus seinen nur wenige Messungen enthaltenden Versuchen folgendes Resultat:

„... Die Zahl der Torsionen, welche Zerreißen bedingen, ist annähernd direkt proportional der Differenz aus der absoluten Festigkeit und der Belastung.“ Bei den hier zur Untersuchung kommenden Drähten aus Stahl und Messing ergaben jedoch die Versuche bei weitgehender Abstufung der Belastungsintervalle folgendes eigentümliche Resultat, das besonders bei Stahl sehr ausgeprägt war.

Mit steigender Belastung nimmt die Anzahl der Umdrehungen, die erforderlich ist, damit bei der betreffenden Belastung Zerreißen eintritt bis zu einer gewissen kritischen Belastung, fast gleichmässig linear ab. Bei dieser kritischen Belastung nimmt dann plötzlich die Zahl der Zerreißen herbeiführender Umdrehungen wieder etwas, wenn auch nur wenig, zu, um dann bei weiterer Belastung, langsam etwa linear bis auf Null abzunehmen bei der der gewöhnlichen absoluten Zugfestigkeit entsprechenden Belastung.

Diese kritische Belastung war bei Stahl ganz ausserordentlich ausgeprägt. Die Abnahme der Zerreißen-umdrehungszahlen ist im zweiten Intervall viel geringer als im ersten. Im ersten (bis 4800 gr) entspricht einer Belastungszunahme um 1 kg eine Abnahme der Zerreißen-umdrehungszahlen um rund 150, im zweiten, von 4800 gr bis zur Zugfestigkeitsgrenze (11200 gr) nur um rund 10.

Von besonderem Interesse ist es, dass diese kritische Belastung zugleich auch die Elastizitätsgrenze ist, wie durch Versuche festgestellt wurde.

Bei Messing waren die Erscheinungen qualitativ dieselben, traten aber nicht so auffällig hervor wie bei Stahl.

Es sei noch erwähnt, dass die eigentümlichen „Knickungsfiguren“, die die gespannten Drähte beim Zerreißen annehmen, und die bereits von W. Weber beobachtet sind, hier ebenfalls in besonders auffallender Weise auftraten.

Bei Gelegenheit dieser Messungen wurde eine eigentümliche bei der Belastungsnachwirkung auftretende Erscheinung beobachtet, die, soviel ich sehe, bisher noch nicht beschrieben zu sein scheint, trotzdem sie auf den ersten Blick sehr frappant und auffallend ist.

Es wurde der vertikal hängende oben festgeklemmte, unten freie, nur mit der Wagschale belastete Draht zur Zeit $t = 0$ mit einem erheblichen Gewicht belastet. Er verlängert sich dann zunächst sehr schnell um ein bestimmtes Stück, dann jedoch setzt in bekannter Weise die Nachwirkung ein, und der Draht verlängert sich stetig weiter, aber nun erheblich langsamer mit ständig abnehmender Geschwindigkeit, bis, nach theoretisch unendlich langer Zeit, praktisch nach Stunden oder Tagen, die definitive der betreffenden Belastung entsprechende Endverlängerung erreicht ist. Dies gilt für den Fall, dass das untere Ende des Drahtes stets frei bleibt, so dass der Draht stets unter dem Einfluss der Belastung frei der Verlängerung folgen kann.

Eine auffallende Erscheinung tritt nun aber ein, wenn man in einem zweiten Versuch an einem Draht derselben Sorte bei gleicher Belastung, also unter im übrigen ganz gleichen Bedingungen, nach Ablauf der ersten schnell erfolgenden Verlängerung in irgend einem Zeitmoment der Nachwirkungsperiode das untere Ende des Drahtes festklemmt, sodass also der Draht sich nicht weiter verlängern kann. Lässt man nun das untere Ende darauf einige Zeit, mehrere

Minuten, festgeklemmt, und löst dann nach Ablauf dieser Zeit die Klemmvorrichtung, so tritt eine erhebliche sehr schnell fast momentan verlaufende Verlängerung des Drahtes unter dem Einfluss der Belastung ein, die dann wieder ziemlich unvermittelt in die langsam fortschreitende Nachwirkungsverlängerung übergeht. Die Grösse dieser schnellen Verlängerung betrug mehrere Millimeter und mehr, je nach den Umständen, Zeit zwischen erster Belastung und Beginn des Festklemmens, sowie Dauer des Festklemmens. Und zwar betrug sie nahezu ebensoviel, als sich der Draht verlängert haben würde, wenn man ihn jene Zeit nicht unten festgeklemmt, sondern frei der Einwirkung des belastenden Gewichtes hätte folgen lassen. Es arbeiten also, wenn man sich so ausdrücken will, in dem gespannten Draht, auch wenn er an der freien Ausdehnung verhindert ist, die einmal eingeleiteten Belastungsnachwirkungskräfte fast ungestört weiter.

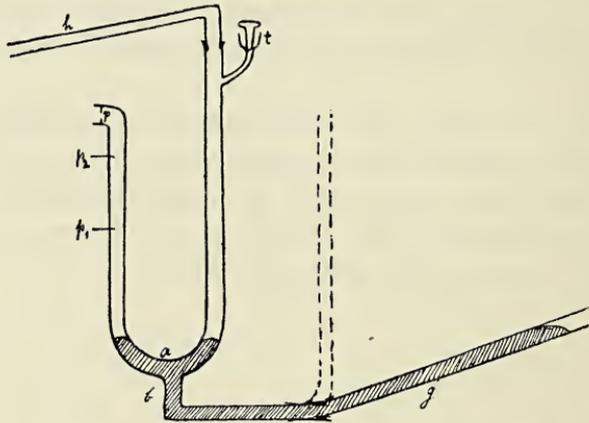
War die Zeit der Festklemmung beträchtlich gross, so konnte die plötzliche Verlängerung beim Lösen so bedeutend sein, dass infolge der Wucht des plötzlich heruntersinkenden Belastungsgewichtes der Draht riss. Genaue quantitative Angaben sollen später mitgeteilt werden.

Ferner machte Herr F. A. Schulze kurze Mitteilungen über folgende Arbeiten aus dem Physikalischen Institut:

1. R. Ullrich:

Bestimmung von Dampfdichten nach der Bunsen'schen Ausströmungsmethode.

Auf Anregung von Herrn Professor F. Richarz wurde versucht, die von Bunsen zur Bestimmung von *Gasdichten*¹⁾ angegebene Ausströmungsmethode in eine Form zu bringen, in der sie auch zur Bestimmung von *Dampfdichten* dienen kann, wozu sie in der ihr von Bunsen gegebenen und seither beibehaltenen Gestalt nicht geeignet ist.



Nach einigen vergeblichen Versuchen gelang es, die Aufgabe in der folgenden einfachen Weise zu lösen. Der Apparat (siehe Figur) besteht im wesentlichen aus einem U-förmig gebogenen Glasrohr *a*, an dessen Mitte unten noch ein Glasrohr *b* angesetzt ist, das sich nach kurzem Lauf rechtwinklig umbiegt und durch ein Stück Gummischlauch mit einem langen graden Glasrohr *g* verbunden ist.

1) Vgl. z. B. F. Kohlrausch, Lehrb. d. prakt. Physik, 11. Aufl. p. 90.

In dem linken Schenkel des U-rohres ist in der Nähe des oberen Endes ein Platinblech p eingeschmolzen, welches eine feine Oeffnung enthält. Der rechte Schenkel ist mit einem langen Ausführungsrohr h versehen; in ihn mündet ferner seitlich der Einfülltrichter t . In den linken Schenkel sind ferner noch in zwei verschiedenen Höhen zwei nach aussen führende Platindrähte eingeschmolzen.

Der ganze Apparat wird nun zunächst mit Quecksilber bis etwa zur gezeichneten Höhe gefüllt und in ein Erhitzungsgefäss gebracht (Wasserdampf oder im elektrischen Ofen), während der frei bewegliche Schenkel g in der stark gezeichneten Lage bleibt. Ist die gewünschte Temperatur erreicht, so wird der bewegliche Schenkel g in die gestrichelt gezeichnete Lage gehoben, das Quecksilber steigt in den Schenkeln des U-Rohres in die Höhe und es entsteht in dem linken Schenkel ein Ueberdruck, da die Luft durch das enge Loch nur langsam entweichen kann. Es wird nun die Zeit gemessen, die verstreicht, während der obere Quecksilbermeniskus von dem unteren Platindraht p_1 bis zum oberen p_2 steigt. Es geschah dies mit Hülfe einer Stoppuhr oder des Hipp'schen Chronoskopes oder auch mit einem Voltmeter in der von Parragh (Ztschr. f. phys. und chem. Unt. 2 p. 17. 1888) angegebenen Weise. (Es kommt hier natürlich nur auf relative Zeiten an.) War die Ausströmungszeit der Luft bestimmt, so wurde durch den Fülltrichter etwa 1 ccm der Flüssigkeit eingefüllt und dann der frei bewegliche Schenkel schnell gesenkt, so dass sich der linke Schenkel mit Dampf erfüllt. Nach einiger Zeit (1—2 Minuten) hebt man den beweglichen Schenkel wieder bis zur früheren Höhe und beobachtet die Ausströmungszeit des Dampfes zwischen denselben Marken analog wie die Ausströmungszeit der Luft, die zum Schluss zur Kontrolle nochmals bestimmt wird.

Die Quadrate der Ausströmungszeiten verhalten sich wie die Dichten von Luft bez. Dampf. Eine solche Dampfdichtenbestimmung kann, von der Zeit des Anheizens abgesehen, in ausserordentlich kurzer Zeit, 5—10 Minuten, gemacht werden,

da Wägungen oder sonstige zeitraubende Operationen nicht nötig sind. Die Genauigkeit beträgt etwa 5 %, was für viele Zwecke ja vollständig genügt.

Es seien einige Bestimmungen mitgeteilt.

1. Aether:	2,48	
	2,49	
	2,48	
	2,41	
	2,47	
	2,54	
	2,65	
	<u> </u>	
	Mittel: 2,50	Theoretischer Wert: 2,55
2. Benzol:	2,81	
	2,82	
	2,79	
	2,66	
	2,56	
	2,57	
	<u> </u>	
	Mittel: 2,70	Theoretischer Wert: 2,69
3. Chloroform:	3,77	
	3,83	
	3,82	
	3,96	
	3,63	
	4,00	
	3,78	
	3,85	
	3,87	
	4,00	
	<u> </u>	
	Mittel: 3,85	Theoretischer Wert: 4,07
4. Methyljodid:	4,59	
	4,86	
	5,18	
	<u> </u>	
	Mittel: 4,88	Theoretischer Wert: 4,90

Bemerkt sei noch, dass die Berechnung unter der Annahme geführt ist, dass der Vorgang isotherm verläuft. Die Formel, die man unter der Annahme adiabatischen Verlaufes erhält, führte zu ganz unmöglichen Werten.

Eine Grenze in der Temperatur ist der Methode natürlich in der gewählten Form durch die Siedetemperatur des Quecksilbers gesetzt.

Durch die Einfachheit der Handhabung dürfte sie sich überall empfehlen, wo es nicht auf äusserste Genauigkeit ankommt.

2. E. Koch:

Nachweis der magnetischen Wirkung der dielektrischen Verschiebungsströme in ruhenden Dielektricus.

Die Platten eines Kondensators wurden mit den Polen eines Teslatransformators verbunden. In dieses elektrische Wechselfeld wurden die zu untersuchenden Dielektrika gebracht. Um letzteres wurde ein massiver Holzring gelegt, der mit isoliertem Draht bewickelt war, in dem die durch die magnetische Wirkung der Verschiebungsströme inducierten Induktionsströme entstehen sollten. Ihr Vorhandensein wurde durch das Tönen eines angeschlossenen Telephons konstatiert. Dass dieses tatsächlich durch die Verschiebungsströme bedingt war, wurde dadurch konstatiert, dass die Stärke des Telephongeräusches zunahm, wenn Dielektrika von wachsender Dielektricitätskonstante zwischen die Kondensatorplatten geschoben wurden: Luft, Paraffin, Holz, Methylalkohol, Wasser, Paraffin mit Metallkern. Zahlenmässig wurde dies in der Weise geprüft, dass der inducierte Wechselstrom nach Gleichrichtung durch ein Wehnelt'sches Ventilrohr zu einem sehr empfindlichen Galvanometer geführt wurde.

Die Ausschläge am Galvanometer ordnen sich, wie es sein muss, in ihrer Grösse nach der Grösse der Dielektricitätskonstante des eingeschobenen Dielektrikums.

Genau quantitative Messungen sollen mit einem Dynamometer der von Papalexı angegebenen Form ausgeführt werden.

Gegenüber der im Prinzip gleichen Versuchsanordnung von Witehead (Phys. Ztschr. 6, 474. 1905), der bereits früher die magnetische Wirkung der dielektrischen Verschiebungsströme nachgewiesen und quantitativ gemessen sowie auch bereits quantitativ die Abhängigkeit von der Dielektricitätskonstante, jedoch nur für Luft und Paraffin, bestimmt hat, dürfte die hier benutzte den Vorteil haben, kompendiöser und mit einfacheren Mitteln herstellbar zu sein,

3. C. Henrich:

Nachweis der ponderomotorisch-elektrostatischen Wirkung der Induktion.

Nach der zweiten Hauptgleichung der Maxwell'schen Theorie der Elektrizität $rot \mathfrak{E} = -\frac{1}{c} \frac{d\mathfrak{B}}{dt} = -\frac{4\pi}{c} b$ ist ein magnetischer Strom von der Dichte b der Sitz eines Wirbels der elektrischen Feldstärke \mathfrak{E} . Der experimentelle Nachweis dieses elektrischen Feldes durch seine „elektrostatisch ponderomotorische“ Wirkung auf geladene Körper war vergeblich versucht worden von Lodge, Cremieu, Wolf¹⁾ und Righi. Er ist jetzt geführt worden durch Beobachtung der Ablenkung eines ungeladenen dielektrischen Stäbchens, das sich in die Kraftlinienrichtung einstellen will. Der magnetische Strom oscillierte in zwei wechselstromdurchflossenen, in besonderer Weise gewickelten Toroiden, die im Abstände des Radius parallel nebeneinander aufgestellt waren. Durch besondere Kontrollversuche wurde festgestellt, dass der Ausschlag seine Ursache nur in dem nachzuweisenden Feld haben kann. Der Grössenordnung nach stimmt der Ausschlag mit dem von der Theorie geforderten überein.

1) F. E. Wolf, Inaugural-Dissertation Greifswald 1899.

