

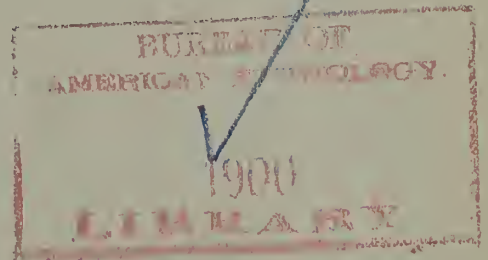
Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesammten
Naturwissenschaften

zu

M a r b u r g.



Jahrgang 1898.

M A R B U R G.

Universitäts-Buchdruckerei (R. Friedrich).

1899.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesammten
Naturwissenschaften

zu

M a r b u r g.

Jahrgang 1898.

M A R B U R G.

Universitäts-Buchdruckerei (R. Friedrich).

1899.

Inhalts-Angabe.

	Seite
<i>Ostmann</i> , Ueber die Reflexerregbarkeit des Musculus tensor tympani durch Schallwellen und ihre Bedeutung für den Gehöreact . . .	1
<i>Wernicke</i> , Ueber Immunisirungsversuche bei der Bubonenpest . . .	44
<i>Schaum</i> , Ueber die Anwendung des Lehmann'schen Krystallisations-Mikroskops zur Entscheidung von Isomeriefragen	59
<i>Kossel</i> , Weitere Untersuchungen über die Protamine	65
<i>Rost</i> , Zur Kenntniss der Schicksale der Gerbsäure im thierischen Organismus	66
<i>Kossel</i> , Demonstration eines Vorlesungsversuches (Pepsinverdauung)	76
<i>Melde</i> , Ueber einen Ersatz für Stimmgabeln zur Erzeugung sehr hoher Töne	77
<i>E. Hess</i> , Ueber eine anschauliche Darstellung der regelmässigen Eintheilung des dreidimensionalen sphärischen Raumes . . .	89
<i>Enderlen</i> , Ueber das Schicksal der in die Bauchhöhle verpflanzten Schilddrüse	108
<i>Kutscher</i> , Ueber das Antipepton	113
<i>F. Müller</i> , Ueber die Chemie des Mucins und der Mucoide	117
<i>Toenniges</i> , Ueber die feineren Bauverhältnisse von <i>Opalina ranarum</i>	125
<i>Schenck</i> , Ueber die innere Reibung der krystallinischen Flüssigkeiten	134
<i>Korschelt</i> , Ueber Regenerations- und Verwachsungsversuche an Regenwürmern	135
<i>Schaum</i> , Ueber Energie-Umwandlung im galvanischen Element . .	137
<i>Kossel</i> , Untersuchungen von <i>C. Saint-Hilaire</i> über einige mikrochemische Reaktionen	148
<i>Marchand</i> , Mikroskopische Präparate von zwei frühzeitigen menschlichen Eiern und einer Decidua	150
<i>Marchand</i> , Ueber die Bildung der Placenta foetalis beim Kaninchen	153
<i>Disse</i> , Zur feineren Anatomie der Niere	165
<i>Nebelthau</i> , Ueber einen Bestandtheil der grauen Substanz des Gehirns	173
Nekrologe: <i>A. Leuckart</i> S. 57; <i>R. Schmitt</i> , <i>H. Kämmerer</i> S. 115.	
Verzeichniss eingegangener Schriften S. 63. 115. 136. 162.	
Druckfehler: S. 58, Zeile 14 v. u. lies »nicht nur für« anstatt »nicht für«.	

Verzeichniss der Mitglieder^{*)}

(am Schluss des Jahres 1898).

Ehrenmitglieder.

<i>v. Kölliker, Albert</i> , Dr. med., o. Prof. der Anatomie, wirkl. Geheimrath, Würzburg	6. 7. 97.
<i>Virchow, Rudolf</i> , Dr. med., o. Prof. der pathologischen Anatomie, Geh. Med.-Rath, Berlin	1. 11. 97.
<i>Bunsen, Robert Wilhelm</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Chemie, wirkl. Geheimrath, Heidelberg	15. 6. 98. (O. M. 14. 11. 39.)

Einheimische Mitglieder.

A. Ordentliche.

<i>Ahlfeld, Friedrich</i> , Dr. med., o. Prof. der Gynäkologie, Geh. Med.-Rath	11. 7. 83.
<i>Bauer, Max</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Mineralogie, Geh. Reg.-Rath	11. 3. 85.
<i>Behring, Emil</i> , Dr. med., o. Prof. d. Hygiene, Geh. Med.-Rath	15. 5. 95.
<i>Disse, Joseph</i> , Dr. med., a.o. Prof. d. Anatomie u. Prosector	13. 11. 95.
<i>Fischer, Theobald</i> , Dr. phil., o. Prof. der Geographie . . .	28. 11. 83.
<i>Feussner, Wilhelm</i> , Dr. phil., a.o. Prof. der Physik . . .	14. 7. 81. (10. 6. 69.)
<i>Gasser, Emil</i> , Dr. med., o. Prof. d. Anatomie, Geh. Med.-Rath	27. 1. 88. (16. 7. 74.)
<i>Hess, Edmund</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik . . .	21. 6. 78. (16. 7. 74.)
<i>Hess, Karl</i> , Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie . . .	11. 11. 96.
<i>v. Heusinger, Otto</i> , Dr. med., a.o. Prof. der gerichtl. Med., Geh. San.-Rath	16. 5. 66. (25. 4. 60.)
<i>Kayser, Emanuel</i> , Dr. phil., o. Prof. der Geologie . . .	13. 1. 86.
<i>Kohl, Friedrich Georg</i> , Dr. phil., a.o. Prof. der Botanik . .	13. 11. 95. (6. 8. 84.)
<i>Korschelt, Eugen</i> , Dr. phil., o. Prof. der Zoologie . . .	26. 7. 93.

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

VI

<i>Kossel, Albrecht</i> , Dr. med., o. Prof. der Physiologie . . .	15. 5. 95
<i>Küster, Ernst</i> , Dr. med., o. Prof. d. Chirurgie, Geh. Med.-Rath	4. 11. 91.
<i>Lahs, Heinrich</i> , Dr. med., a.o. Prof. der Gynäkologie . . .	13. 1. 75.
	(16. 2. 70.)
<i>Mannkopff, Emil</i> , Dr. med., o. Prof. d. inn. Med., Geh. Med.-Rath	8. 5. 67.
<i>Marchand, Felix</i> , Dr. med., o. Prof. der path. Anat., Geh. Med.-Rath	28. 11. 83.
<i>Meyer, Hans</i> , Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie . . .	11. 3. 85.
<i>Meyer, Arthur</i> , Dr. phil., o. Prof. der Botanik	4. 11. 91.
<i>Melde Franz</i> , Dr. phil., o. Prof. der Physik, Geh. Reg.-Rath	4. 5. 64.
	(12. 6. 60.)
<i>Müller, Friedrich</i> , Dr. med., o. Prof. der inneren Med. . .	26. 7. 93.
<i>Ostmann, Paul</i> , Dr. med., a.o. Prof. der Otologie	13. 11. 95.
<i>Rathke, Bernhard</i> , Dr. phil., a.o. Prof. der Chemie	14. 3. 84.
<i>Schmidt, Ernst</i> , Dr. phil., o. Prof. der pharmaceut. Chemie, Geh. Reg.-Rath	11. 3. 85.
<i>Schottky, Friedrich</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik . .	15. 5. 95.
<i>Tuczek, Franz</i> , Dr. med., o. Prof. der Psychiatrie	15. 5. 95.
	(14. 3. 90.)
<i>Zincke, Theodor</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Chemie, Geh. Reg.-Rath	13. 1. 76.

B) Ausserordentliche.

<i>Brauer, August</i> , Dr. phil., Priv.-Doc. der Zoologie	17. 6. 96.
<i>Buchholz, Albert</i> , Dr. med., Priv.-Doc. der Psychiatrie . .	8. 12. 97.
<i>Dietrich, Theodor</i> , Dr. phil., Prof., Director d. landwirthschaftl. Versuchsstation	15. 1. 96.
<i>v. Drach, Alhard</i> , Dr. phil., a.o. Prof. der Mathematik . .	11. 7. 66.
<i>Enderlen, Eugen</i> , Dr. med., Priv.-Doc. der Chirurgie . . .	10. 2. 97.
<i>Fritsch, Paul</i> , Dr. phil., Priv.-Doc. der Chemie	24. 4. 96.
<i>Gadamer, Johannes</i> , Dr. phil., Priv.-Doc. d. pharmaceut. Chemie	9. 3. 98.
<i>Kutscher, Friedrich</i> , Dr. med., Assistent am physiol. Institut	16. 2. 98.
<i>Meisenheimer, Johannes</i> , Dr. phil., Volontär-Ass. am zool. Inst.	16. 2. 98.
<i>Nebelthau, Eberhard</i> , Dr. med., a.o. Prof. der inneren Med.	15. 5. 95.
<i>Noll, Alfred</i> , Dr. med.	16. 2. 98.
<i>Ochsenius, Carl</i> , Dr. phil., Consul a. D.	28. 6. 77.
<i>Saxer, Franz</i> , Dr. med., Priv.-Doc. der path. Anat. . . .	11. 11. 96.
<i>Schaum, Carl</i> , Dr. phil., Priv.-Doc. der physik. Chemie . .	11. 8. 97.
<i>Schenck, Rudolf</i> , Dr. phil., Priv.-Doc. der physik. Chemie .	11. 8. 97.
<i>v. Schmidt, Carl</i> , Dr. phil., Prof. em. der Chemie	21. 3. 79.
<i>Tönniges, Carl</i> , Dr. phil., Assistent am zoolog. Institut . .	16. 2. 98.
<i>Weidenmüller, Carl</i> , Dr. phil., Gymn.-Oberlehrer, Prof. . .	14. 4. 82.
<i>Wernicke, Erich</i> , Dr. med., a.o. Prof. der Hygiene	10. 2. 97.
<i>Zumstein, Jacob</i> , Dr. med., Priv.-Doc. der Anatomie, Prof., 2. Prosector	16. 2. 98.

Auswärtige Mitglieder.*)

<i>Axenfeld, Theodor</i> , Dr. med., o. Prof. d. Ophthalmologie, Rostock	(15. 1. 96.)
<i>Barth, Adolf</i> , Dr. med., a.o. Prof. der Otologie, Leipzig . . .	4. 11. 91.
<i>Barth, Arthur</i> , Dr. med., Prof., Oberarzt, Danzig	(13. 11. 95.)
<i>Böhm, Rudolf</i> , Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Geh. Med.-Rath, Leipzig	20. 5. 81.
<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.- Rath, Göttingen	14. 3. 90.
<i>Brauns, Reinhard</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Giessen	(27. 1. 88.)
<i>v. Büngner, Otto</i> , Dr. med., Prof., Dir. d. Landkrankenh. Hanau	(1. 5. 92.)
<i>Busz, Karl</i> , Dr. phil., a.o. Prof. der Mineralogie, Münster .	(19. 6. 95.)
<i>Claus, Karl</i> , Dr. phil., o. Prof. em. der Zoologie, Wien . .	10. 2. 64. (8. 2. 58.)
<i>Dohrn, Rudolf</i> , Dr. med., o. Prof. der Gynäkologie, Geh. Med.-Rath, Kiel	10. 2. 64.
<i>Falk, Ferdinand August</i> , Dr. med., a.o. Prof. der Pharma- kologie, Kiel	28. 4. 75.
<i>Fraenkel, Karl</i> , Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Halle . . .	4. 11. 91.
<i>Fürstenau, Eduard</i> , Dr. phil., Stadtschulrath, Berlin . . .	(25. 4. 60.)
<i>Goebel, Karl</i> , Dr. phil., o. Prof. der Botanik, München . .	27. 1. 88.
<i>v. Hauer, Franz</i> , Ritter, Hofrath, Wien	(3. 2. 56.)
<i>Hermann, Theodor</i> , Dr. phil., Hanau	(2. 7. 68.)
<i>v. Koenen, Adolf</i> , Dr. phil., o. Prof. der Geologie, Geh. Reg.- Rath, Göttingen	28. 4. 75. (10. 6. 69.)
<i>Küster, Fr. Wilh.</i> , Dr. phil., Prof. d. physik. Chemie, Breslau	(26. 7. 93.)
<i>Mannel, Gottfried</i> , Dr. med., Geh. Hofrath, Arolsen . . .	(31. 8. 64.)
<i>Pfannkuch, Wilh.</i> , Dr. med., pract. Arzt, Cassel	(17. 1. 72.)
<i>Pfeffer, Wilhelm</i> , Dr. phil., o. Prof. der Botanik, Geh. Hof- rath, Leipzig	(27. 4. 71.)
<i>Plate, Ludwig</i> , Dr. phil., Priv.-Doc. der Zoologie, Prof., Berlin	(27. 1. 88.)
<i>*Rehn, Joh. Heinrich</i> , Dr. med. San.-Rath, Frankfurt a. M. .	26. 11. 80.
<i>Rein, Johannes</i> , Dr. phil., o. Prof. der Geographie, Geh. Reg.- Rath, Bonn	1. 12. 76.
<i>Rost, Eugen</i> , Dr. med., Hülfсарbeiter am Reichs-Gesundheits- amt, Berlin	(16. 2. 98.)
<i>Rubner, Max</i> , Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Geh. Med.- Rath, Berlin	13. 1. 86.

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

VIII

<i>Rumpf, Theodor</i> , Dr. med., Prof., Dir. des neuen allgemeinen Krankenhauses, Hamburg-Eppendorf	14. 3. 90.
<i>Schell, Wilhelm</i> , Dr. phil., Prof. der Mathematik, Geh. Hofrath, Karlsruhe	29. 4. 57. (13. 2. 56.)
<i>Schmidt-Rimpler, Hermann</i> , Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rath, Göttingen	15. 11. 71.
<i>Schneider, Justus</i> , Dr. med., San.-Rath, Dir. des Landkrankenh. Fulda	(12. 12. 66.)
<i>Schottelius, Max</i> , Dr. med., o. Prof. d. Hygiene, Freiburg i. B.	(11. 7. 79.)
<i>Siemens, Friedrich</i> , Dr. med., Geh. Med.-Rath, Dir. der Landesirrenanstalt Lauenburg i. P.	(19. 12. 79.)
<i>v. Sobieranski, Wenzel</i> , Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie. Lemberg	(19. 6. 95.)
* <i>Speck, Carl</i> , Dr. med., San.-Rath, Kreis-Physik., Dillenburg	5. 4. 71.
<i>Strahl, Hans</i> , Dr. med., o. Prof. der Anatomie, Giessen	27. 1. 88. (14. 12. 80.)
<i>Study, Eduard</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Mathematik, Greifswald	(14. 3. 90.)
<i>Uhthoff, Wilhelm</i> , Dr. med., o. Prof. d. Ophthalmologie, Breslau	4. 11. 91.
<i>Weber, Heinrich</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik, Geh. Reg.-Rath, Strassburg	11. 3. 85.
<i>Weiss, Otto</i> , Salinen-Director, Geh. Bergrath, Nauheim	(16. 5. 72.)
<i>Wüllner, Adolf</i> , Dr. phil., o. Prof. der Physik, Geh. Reg.-Rath, Aachen	(8. 12. 58.)

Der Vorstand.

F. Marchand, Vorsitzender. *O. v. Heusinger*, Ständiger Schriftführer.

Engerer Ausschuss.

E. Hess, Stellvertretender Vorsitzender, *M. Bauer*, *E. Kayser*.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten
Naturwissenschaften

zu

M a r b u r g.

N^{ro.} 1

Januar

1898

In der wissenschaftlichen Sitzung vom 19. Januar 1898
sprach Herr Ostmann:

**Über die Reflexerregbarkeit des Musculus tensor tympani
durch Schallwellen und ihre Bedeutung für den Höract.¹⁾**

Mit einer Arbeit aus dem Gebiet der Pathologie des Gehörorgans beschäftigt, sah ich mich vor die bisher ungelöste Frage gestellt, welchen Zwecken die Binnenmuskeln des Ohres dienen, insbesondere ob bzw. welche Bedeutung sie für den Höract haben.

Die Ansichten bezüglich dieses Punktes gehen noch heute trotz mannigfacher Bestrebungen, die Wahrheit zu finden, weit auseinander, wie schon ein Blick in die Lehrbücher der Physiologie von Brücke und Herrmann ohne Weiteres zeigt.

Theils von anatomischen Betrachtungen, theils von Versuchsergebnissen am Präparat oder Beobachtungen willkürlicher Bewegung der Binnenmuskeln, insbesondere der Musc. tensor tympani ausgehend glaubten die Einen, den Muskeln die Fähigkeit, Bewegungen hervorzurufen, überhaupt absprechen zu müssen (Magnus); sie schienen nichts Anderes als elastische Bänder des Schallleitungsapparates zu sein, welche durch ihren

1) Die tabellarischen Nachweise zur Arbeit werden im Arch. f. Anat. u. Physiologie von His, Braune, Du Bois-Reymond, Physiol. Abth. veröffentlicht werden.

elastischen Zug die Stabilität der Knöchelchenkette erhöhen; Andere vermutheten in den Muskeln Schutzapparate gegen zu starke Schallwellen, Andere wieder hielten die Muskeln für Accommodationsapparate, durch deren Mitwirkung das Trommelfell in veränderte und zwar in die für das Mitschwingen jeweilig beste Spannung versetzt werde.

Bei einem solchen Stande der wissenschaftlich hochinteressanten Frage schien es werth, bei ihr zu verweilen und unter Berücksichtigung aller bisher gefundenen objectiven That-sachen durch neue Untersuchungsmethoden eine Lösung der schwebenden Frage zu versuchen.

Das, was wir hören wollen und müssen, soll anders unser Verkehr mit der Aussenwelt ein unbeengter sein, sind Geräusche und Töne bezw. Klänge. Die ersteren haben insbesondere für das scharfe Erfassen der Sprache die bei weitem höhere Bedeutung.

Die Untersuchungen über die Mechanik des Trommelfells haben gezeigt, dass das sehr stark gedämpfte Trommelfell in hohem Maasse geeignet ist zur Aufnahme und Fortleitung von Geräuschen, und dass jede beträchtlichere Eigenschwingung desselben nur dazu führen könnte, die Perception des für das Sprachverständniss wichtigsten Theils der menschlichen Sprache, der Consonanten, zu erschweren. Töne und Klänge von einiger Dauer würden dagegen leichter percipirt, wenn das Trommelfell jeweilig durch Muskelwirkung diejenige Spannung annehmen würde, bei der es am leichtesten im Sinne des anklingenden Tones oder Klanges mitschwingt. Indess ein gutes Sprachverständniss scheint ein solches Postulat der Accommodation oder sagen wir der Anpassung des Trommelfells für Töne und Klänge schon theoretisch nicht unbedingt zu fordern.

Diese einfachen That-sachen führen zu der von Brücke¹⁾ vertretenen Anschauung, dass wahrscheinlich der ganze Apparat der Gehörknöchelchen in Rücksicht auf das Trommelfell mehr als Dämpfer dient, als dass er zur Accommodation desselben für Töne von verschiedener Höhe verwendet werde.

1) Lehrbuch. Wien 1881. pag. 227.

Dieser Anschauung stand bisher die von Hensen gefundene und im grossen Ganzen von Bockendahl bestätigte Thatsache gegenüber, dass beim curarisirten Hund der *Musc. tensor tympani* durch Schallschwingungen reflectorisch erregt wird. Für einen Jeden, der Curarewirkung kennt, enthält diese Thatsache zuuächst einen unlösbaren Widerspruch. Ich werde später zeigen, wie dieser Widerspruch sich löst; damit aber auch die Thatsache der reflectorischen Erregung des Muskels bei den genannten Versuchen in sich zusammenstürzt.

Um eine sichere Grundlage für die sachgemässe Beurtheilung dieser divergenten Anschauungen sowohl als für eigene Fortarbeit zu gewinnen, wollen wir methodisch vorgehen und zunächst fragen, welche Wirkung hat der ruhende *Musc. tensor tympani* durch seine natürliche tonische Spannung auf die bei der Schallübertragung zum Labyrinth stattfindenden Bewegungen der Knöchelchen?

Die Spannung der Sehne des *Musc. tensor tymp.* ist nicht gering; man fühlt und hört dies bei der Durchschneidung derselben beim Lebenden. Nach der Trennung erhöht sich die Beweglichkeit des Hammergriffs und Trommelfells um ein Beträchtliches; der Zuwachs entfällt zum grössten Theil auf die Bewegung dieser Theile nach aussen. Der natürliche Zug der *Musc. tensor tymp.* bedingt eine gewisse Bewegungsbeschränkung des Hammers und Trommelfells und somit der Gehörknöchelchenkette überhaupt. Kessel¹⁾ beobachtete bei seinen Versuchen am Präparat eine Vergrösserung der Hammerkopfschwingungen um ein Viertel nach Durchschneidung der Sehne des Muskels, während Bezdold²⁾ nach der Tenotomie eine Zunahme fast ausschliesslich der Auswärtsbewegung des Apparates constatirte; aber auch nach Ausfall des Zuges der Tensorsehne, sagt er an gleicher Stelle, reicht die übrige Befestigung der Leitungskette hin, um dieselbe in ihrer Ruhelage relativ zum Incursionsmaximum zu erhalten. Für die Schallübertragung scheint dies von wesentlichster Bedeutung zu sein; denn durchschneidet man in einem normal hörenden

1) Arch. f. O. Bd. 8, pag. 89.

2) Arch. f. O. Bd. 16, pag 1 u. f.

Ohr die Sehne des Trommelfellspanners, so wird die Hörschärfe nicht herabgesetzt. Dies zeigt ein von Kessel¹⁾ mitgetheiltes, in sich etwas dunkler, aber nach dieser Richtung voll verwertbarer Fall. Wohl aber trat Hyperästhesie und zwar nur für Töne des oberen Tonbereichs auf; wir werden sehen, dass diese Thatsache sich aus der von mir gefundenen Wirkung des *Musc. tensor tymp.* erklärt. Aus Vorstehendem folgt:

1. Das Vorhandensein des *Musc. tensor tymp.* ist von unwesentlichem Belang für die Feinheit des Gehörs;

2. Ausfall seiner Wirkung macht das Ohr gegen hohe Töne überempfindlich;

3. Er verringert die Bewegungsfähigkeit des schalleitenden Apparats, insbesondere des Hammers und Trommelfells nach aussen; er ist ein kräftiger Schutz gegen übermässige Bewegungen nach dieser Richtung.

Die Resultate 1 und 2 geben schon wichtige Fingerzeige, in welche Richtung die Untersuchung zu leiten ist.

Vielleicht ergeben sich noch weitere Anhaltspunkte hierfür aus der Betrachtung, wie nach den bisher gewonnenen Thatsachen die *Contraction* des *Musc. tensor tymp.* 1. mechanisch, 2. akustisch wirkt.

Die mechanische Wirkung der *Contraction* des *Musc. tensor tymp.* auf den Schalleitungsapparat ist mehrfach am Präparat (Politzer, Lucae, Helmholtz), wie auch am eben getödteten, aber noch reaktionsfähigen Hund untersucht worden (Politzer). Es hat sich ergeben, dass die mechanische Wirkung des Muskelzuges eine sehr ausgedehnte ist; sie ist nicht allein auf die Paukenhöhle beschränkt, sondern reicht in das Labyrinth hinüber. Wird ein Zug an dem Muskel ausgeübt, so wird gleichzeitig die Spannung sämmtlicher Befestigungsbänder der Gehörknöchelchenkette vermehrt (Helmholtz²⁾, die Zähne des Hammer-Amboss-Sperrgelenks greifen fester ineinander, das Trommelfell spannt sich straffer und durch Hineindrängen der Steigbügelplatte gegen den Vorhof wird der Laby-

1) Archiv f. O. Bd. 31, pag. 138; s. auch A. f. O. Bd. 37, pag. 137.

2) Mechanik der Gehörknöchelchen und des Trommelfells.

rinthdruck erhöht (Politzer). Dieser Vorgang erschwert die Erregung der letzten Nervenenden des Corti'schen Organs in doppelter Weise: durch erschwertes Mitschwingen der Knöchelchenkette und erschwerte Mitbewegung der Labyrinthflüssigkeit.

Ersteres wird erwiesen durch folgende Versuche:

Reizt man unmittelbar nach der Tödtung am abgetrennten Hundekopf intracraniell den Trigemini, in dessen kleiner motorischen Portion vielleicht die Fasern für den *Musc. tensor tympani* gesucht werden müssen (Politzer, Kolliker¹⁾), so tritt bei zugeleiteten Schallschwingungen eine erhebliche Verminderung der Trommelfellschwingungen ein, so zwar, dass, wenn beispielsweise die Grösse der Excursion eines am Hammergriff befestigten Fühlhebels drei Linien betrug, dieselbe auf etwa eine Linie vermindert wird (Politzer²). Gleichartige Resultate wurden erzielt, wenn an Präparaten durch künstlichen Tensorzug die Spannung des Trommelfells erhöht wurde; die Amplitude der Schwingungen wurde kleiner (Lucae³), oder wenn an Präparaten mit angeseilten Muskeln während Tensorzuges die Bewegungen von Trommelfell und Gehörknöchelchen stroboskopisch beobachtet wurden. Die stroboskopischen Bewegungen am vorderen Trommelfellabschnitt wurden sistirt, am hinteren auf einen Bruchtheil der früher vorhandenen reducirt (Kessel⁴). Die von hohen Tönen herrührenden Schwingungen erschienen relativ weniger beeinflusst (Mach und Kessel⁵).

Mit Rücksicht auf diese Versuche am todten Ohr sagt Hensen⁶), sie könnten über die Function des lebenden Muskels noch nicht entscheiden, zur Auffindung derselben seien wir auf die Hypothese und den directen Versuch angewiesen. Dies erscheint mir nur halb richtig. Solche Versuche können zwar nicht über die Function des lebenden Muskels entscheiden, aber

1) Gewebelehre, pag. 288.

2) A. f. Ohrenheilk. Bd. I, pag. 69 u. ff.

3) A. f. Ohrenheilk. Bd. I, pag. 311.

4) A. f. Ohrenheilk. Bd. VIII, pag. 89.

5) Wiener Sitzungsberichte. 1872.

6) Physiologie des Gehörs in Hermann's Handbuch der Physiologie, pag. 61. Leipzig 1880.

wenn wir im Lebenden den Muskel bei directem Versuch functioniren sehen, so sind ihre Ergebnisse der Faden, der uns zur Wahrheit leitet, nicht die Hypothese, wie ich dies an Hensen's Hypothese zeigen werde. Denn mechanisch wird auch der lebende Muskel nie anders wirken können, als der durch intracranielle Reizung erregte.

Zu zweit wird Tensor-Contraction die Mitbewegung der Labyrinthflüssigkeit mit den Bewegungen der Steigbügelplatte erschweren; denn die Erhöhung des Labyrinthdruckes, welche von Politzer durch intracranielle Reizung des Trigemini experimentell bewiesen ist, muss die Uebertragung kleinster Druckschwankungen auf das Labyrinth erschweren. Wir sehen einen ganz ähnlichen Vorgang zuweilen bei Steigerung des Schädelinnendruckes und nachfolgend des Labyrinthdruckes bei Tumoren der Schädelhöhle. Der steigende Labyrinthdruck wird von steigender Schwerhörigkeit begleitet.

Das einheitliche Resultat aller Untersuchungen bezüglich der mechanischen Leistung der Tensor-Contraction ist somit, dass durch dieselbe das Mitschwingen des Trommelfells und die Fortleitung der Schallschwingungen durch die Gehörknöchelchenkette erschwert wird. Als akustischen Effect sollten wir demnach erwarten, dass das Ohr bis zu einem gewissen Grade schwerhörig gemacht wird.

In wie weit bestätigen dies die bezüglich des akustischen Effects der Tensor-Contraction vorliegenden Beobachtungen?

„Der akustische Erfolg einer Steigerung der Paukenfellspannung“, sagt Fick, „muss nach den Principien der Mechanik der sein, dass die Membran überhaupt weniger stark mitschwingt, besonders aber muss das Mitschwingen mit langsamen Schwingungen beeinträchtigt werden. Die Theorie fordert also, dass die Vermehrung der Paukenfellspannung die Empfindung aller Töne, insbesondere aber die der tiefen Töne vermindert.“

Diese Theorie ist auf den endgültigen akustischen Effect der Tensorwirkung beim Lebenden vielleicht nicht unmittelbar anwendbar, wenngleich sie gut mit unseren Erwartungen bezüglich desselben übereinstimmt; denn, wie wir sehen, spannt der Tensor bei seinem Zuge nicht allein das Trommelfell, sondern

er führt gleichzeitig eine ganze Reihe anderer Veränderungen im Mittelohr und Labyrinth herbei, die den schliesslichen akustischen Effect im Lebenden möglicherweise anders gestalten, als dies die theoretische Betrachtung der Trommelfellmechanik erwarten lässt. So sehen wir denn auch, dass, soweit Versuche am Präparat in Frage kommen, die Theorie mit den Versuchsergebnissen übereinstimmt, da es sich in ihnen wesentlich um Veränderung des Tones bei veränderter Trommelfellspannung handelt; sobald aber am Lebenden der akustische Effect der willkürlichen Tensor-Contraction geprüft wird, ergibt sich kein einheitliches und mit der Theorie stets übereinstimmendes Resultat.

Versuche an Präparaten sind vornehmlich von Politzer und Lucae ausgeführt worden.

Auskultirte Politzer ¹⁾ am abgeschnittenen noch reactionsfähigen Hundekopf durch einen in die Wand der Paukenhöhle eingelassenen Auskultationsschlauch das [Mittelohr, so zeigte sich, dass während intracranieller Reizung des Trigemini ein durch Luftleitung zugeleiteter Stimmgabelton auffallend abgedämpft und schwächer gehört wurde, die Obertöne dagegen deutlicher hervortraten.

Wenn Lucae ²⁾ das Mittelohr eines Präparates von der Tuba auskultirte und durch einen vom Knochen zugeleiteten Stimmgabelton die Luft der Pauke in Schwingungen versetzte, so wurde der Ton abgeschwächt gehört, sobald durch Verdichtung der Luft im äusseren Gehörgang die Spannung des Trommelfells vermehrt wurde. Da bei der Versuchsanordnung alle anderen Verhältnisse ausser der Spannung des Trommelfells unverändert blieben, so darf die Dämpfung des Tones auf die vermehrte Spannung des Trommelfells zurückgeführt werden.

In beiden Versuchen stimmt somit die Theorie mit den Versuchsergebnissen völlig überein. Vermehrte Paukenfellspannung bedingt Abschwächung der Töne, insbesondere der tiefen, wie Politzers Versuch im Besonderen zeigt.

1) Arch. f. Ohrenheilk. Bd. I, pag. 69 u. ff.

2) Arch. f. Ohrenheilk. Bd. I, pag. 313.

Die Versuche an Personen, welche willkürlich ihren Musc. tensor tympani zu contrahiren vermochten, zeigen keineswegs ein gleichartiges akustisches Ergebniss.

Lucae ¹⁾ hat im Ganzen fünf Personen untersucht.

Von den vier zuerst Untersuchten bemerkte nur eine, Dr. v. H., eine geringe Dämpfung des Grundtones während der willkürlichen Contraction des Muskels; die übrigen drei hörten im Gegentheil tiefe Stimmgabeltöne verstärkt. Dieses letztere der Theorie keineswegs entsprechende Ergebniss hat sich Lucae dadurch zu erklären versucht, dass durch die bei Tensor-Wirkung gleichzeitig auftretende Zunahme des Labyrinthdruckes im inneren Ohr eine Veränderung hervorgerufen wird, „welche den Einfluss der Spannungsänderung des Trommelfells, besonders auf die Perception tieferer Töne nicht allein wieder aufhebt, sondern letztere sogar zu fördern im Stande ist.“

Bei dem fünften von ihm untersuchten Fall zeigte die Stimmgabeluntersuchung, dass die Dämpfung mit der zunehmenden Höhe der Stimmgabeltöne abnahm, indess für c^4 eine Verstärkung eintrat. Ein weiterer, gut beobachteter Fall ist von Politzer ²⁾ mitgetheilt worden. Die Hörweite für die Uhr von rechts 4' 6'' und links von 9' wurde bei dieser Person während der Contraction des Tensor rechts um 6'', links um 3' herabgesetzt; ein Stimmgabelton wurde während der Contraction dumpfer und schwächer, die Sprache auffallend dumpfer gehört; tiefe Töne von Pfeifen bei rasch aufeinanderfolgenden Zuckungen wie staccatirt, hohe dagegen um $\frac{1}{4}$ Ton höher wahrgenommen. Die letzte Beobachtung ist von Schapringer ³⁾ an sich selbst gemacht worden. Bei der Contraction des Tensor verschwanden Töne bis zu etwa 70 Schwingungen ganz, von da erschienen sie geschwächt und leerer in der Klangfarbe, bei noch höheren Tönen verlor sich diese Erscheinung unmerklich und Stimmgabeltöne der drei gestrichenen Octave erschienen einige Male

1) Arch. f. Ohrenheilk. Bd. I, pag. 316; Bd. III, pag. 202. Berlin. klin. Wochenschr. 1874 Nr. 14 und 1886 Nr. 32. Arch. f. Ohrenheilk. Bd. 24, pag. 226.

2) Arch. f. Ohrenheilk. Bd. IV, pag. 28.

3) Wiener Sitzungsberichte. 1870. pag. 571.

bei nicht forcirter Spannung selbst verstärkt. Die höheren Partialtöne der musikalischen Klänge und anderweitiger Geräusche drängten sich ihm beim Einziehen des Trommelfells augenblicklich auf; beim Nachlassen der Anstrengung verloren sie ihre Auffälligkeit.

Diese Versuche führen uns weder in der Erkenntniss, ob der Tensor sich beim gewöhnlichen Hören contrahirt, noch wie die als möglich gedachte Contraction beim Höract akustisch wirkt, einen Schritt vorwärts, weil beim gewöhnlichen Hören unzweifelhaft keine tetanische Contraction des *Musc. tensor tymp.* auftritt. Die tetanische Contraction bedingt ein tiefes schnurrendes Muskelgeräusch, welches wir beim Hören niemals wahrnehmen, und welches, wie Schapringer seinen Schilderungen hinzufügt, bei ihm so heftig war, dass er im Beurtheilen der Intensität der Töne sehr beirrt war.

Angenommen also, der Tensor wirkte, indem er sich contrahirt, beim gewöhnlichen Hören mit, so müsste doch der Contractionsvorgang ein entschieden anderer sein; es könnte sich, wie schon Hensen geschlossen hat, allein um eine einmalige Zuckung handeln.

Nimmt man an, dass alle diese subjectiven Beobachtungen durchaus richtig sind, was nach dem freimüthigen Zugeständniss Schapringers wohl immerhin angezweifelt werden kann, so würde sich ergeben, dass tetanische Contraction des Tensor bei verschiedenen Personen akustisch verschieden wirkt, vorwiegend aber musikalische Töne und Klänge abdämpft, unser Ohr, wie aus den Mittheilungen Politzers hervorgeht, für hohe Geräusche, Uhartigen, wie für die Sprache unempfindlicher macht. Verwerthbar wäre somit allein das Resultat, dass tetanische Contraction des Tensor akustisch vorwiegend so wirkt, wie die mechanische Betrachtung seiner Wirkung erwarten lässt, nämlich hinderlich für die Wahrnehmung der in der Musik und in der Sprache vorwiegend vertretenen Tonhöhen und für Geräusche etwa der viergestrichenen Octave.

Dieses Resultat zusammengehalten mit dem, welches man aus der Untersuchung der Mechanik des Trommelfells und der mechanischen Leistung des Trommelfellspanners gewonnen hatte,

hätten eigentlich ganz von dem Gedanken einer, wie Hensen¹⁾ meint, a priori anzunehmenden Thätigkeit der Binnenmuskeln des Ohres beim Hören abführen müssen. Denn die sich daraus ergebende Vorstellung, dass in einem sonst so äusserst fein und zweckmässig construirten Sinnesorgan wie das Ohr ein Apparat eingeschaltet sein sollte, welcher in dem Moment, wo das Sinnesorgan in Action tritt, die Schärfe des Sinnesorgans vermindert, steht mit allen unseren sonstigen Erfahrungen in einem derartigen Widerspruch, dass nur die zwingendsten Gründe uns dazu führen könnten, an eine derartige paradoxe Erscheinung zu glauben; für diese paradoxe Anschauung lag und liegt aber auch heute noch kein anderer Grund vor, als eben die nach Hensen a priori anzunehmende Thätigkeit der Binnenmuskeln des Ohres beim Hören.

Der Vergleich mit dem Auge hat offenbar immer wieder zu solcher aprioristischen Annahme geführt, wobei man sich indess anscheinend nicht recht klar gemacht hat, dass man bei Untersuchungen über die Accommodation des Ohres, so wie man sie supponirte, nach etwas ganz Anderem suchte, als vergleichsweise die Accommodation für das Auge leistet.

Das Auge ist im Ruhezustand für eine unendliche Entfernung eingestellt und bedarf eines besonderen Apparates, um auch aus endlicher Entfernung kommende Strahlen auf der Netzhaut zu einem scharfen Bilde zu vereinigen. Das Resultat ist eine Erweiterung der räumlichen Grenzen des deutlichen Sehens, aber nicht der Sehleistung für Lichtstrahlen verschiedener Schwingungsdauer.

Wollen wir also im Gehörorgan nach Apparaten suchen, welche der Leistung des Accommodationsapparates des Auges entsprechen, so müssen wir nicht nach Apparaten suchen, welche Schallwellen verschiedener Schwingungsdauer zur deutlichen Wahrnehmung bringen, wie dies so häufig geschehen ist, sondern nach solchen, denen wir zunächst nach ihrer mechanischen Leistung die Fähigkeit zuerkennen müssen, die räumlichen Grenzen des Hörfeldes zu erweitern, oder was dasselbe sagt, das Ohr für

1) Phys. des Gehörs in Hermanns Handb. des Phys. 1880. pag. 63.

Schallschwingungen jeglicher Art aber von geringerer Amplitude noch reizbar zu machen, als sie von dem ruhenden, nicht accommodirten Sinnesorgan noch als Reiz empfunden werden.

Ich hoffe in einer weiteren Abhandlung darthun zu können, dass das Ohr einen solchen Apparat besitzt, aber man darf ihn nicht im *Musc. tensor tymp.* suchen, der dem Irisverengerer in soweit entspricht, als derselbe durch reflectorische Contraction das Auge vor schädlicher Blendung schützt. Aber selbst nach dieser Richtung ist die Wirksamkeit des letzteren noch unmittelbarer und umfangreicher wie die des Trommelfellspanners.

Alle vorerwähnten Versuche mit ihren nach bestimmter Richtung hinweisenden Ergebnissen haben jedoch den Gedanken nicht abwenden können, dass der *Musculus tensor* ein Accommodationsmuskel sei und Hensen¹⁾ hat zur Beweisführung vor einer Reihe von Jahren neue Wege eingeschlagen.

Er ist hierbei genau so vorgegangen, wie er es später in seiner Physiologie des Gehörorgans als einzig möglich zur Aufindung der Wahrheit bezeichnet hat; er hat eine Hypothese und einen directen Versuch gemacht. Betrachten wir zunächst die Hypothese.

Sie besagt: Der Tensor kann sich, wenn überhaupt, nur durch Zuckungen am Höract betheiligen, weil bei tetanischer Contraction störendes Muskelgeräusch auftritt. Diese Zuckungen könnten den Sinn haben, das Trommelfell, welches durch seine natürliche Steifigkeit und starke Dämpfung für die Aufnahme von Consonanten und Geräuschen gut geeignet erscheint, durch Spannung zur Aufnahme von Vokalen geeigneter zu machen, indem durch die Spannung die Dämpfung relativ vermindert wird und sich dadurch das Verhältniss umkehrt. Es lässt sich vermuthen, dass der Muskel im Anfang jeder Sylbe zuckt.

Eine einfache Folgerung aus dem Gedankengange Hensen's ist die, dass die reflectorische Contraction des Tensor nur dann den Höract fördern wird, wenn allein periodische, nicht aber auch aperiodische Schallschwingungen den Muskel

1) Beobachtungen über die Thätigkeit des Trommelfellspanners bei Hund und Katze. A. f. Anat. u. Physiol.; Physiol. Abth. von His, Braune und Du Bois-Reymond. 1878. pag. 312 u. ff.

reflectorisch erregen. Dass Hensen in seinen Ueberlegungen zunächst nur an eine Verbesserung des Vokalgehörs durch Tensor-Zuckung gedacht hat, beweisen seine Ausführungen, wie er sich die reflectorische Wirkung des Muskels bei dem Worte „Pracht“ vorstellt und Anderes mehr.

Zwei Voraussetzungen aber, welche diese Hypothese macht, über deren Nichtzutreffen bezw. Unwahrscheinlichkeit sich Hensen indess an dem 1878 schon vorliegenden Material hätte orientiren können, zeigen von vornherein die innere Unwahrscheinlichkeit derselben.

Sie setzt voraus:

- 1) eine bedeutende Kraftleistung des Tensor;
- 2) ein ständiges Uebersehen der Trommelfell-Bewegungen durch die supponirte Tensor-Wirkung beim Hören.

Ersteres trifft nicht zu; letzteres ist unwahrscheinlich.

Die Kraft des Muskels können wir an thatsächlichen Beobachtungen abmessen; sie ist relativ als bedeutend anzuschlagen, weil der Tensor ein gefiederter Muskel ist; gegenüber der dem Muskel von Hensen zugemutheten Leistung indess verschwindend klein.

Politzer¹⁾ berichtet von Dr. A., dass er seinen Tensor willkürlich contrahiren konnte. Geschah dies mehrmals in einer Sekunde, so konnten nach 5—6 Sekunden keine Contractionen weiter hervorgebracht werden, weil ein Gefühl von Ermattung im Ohr eintrat, welches erst nach $\frac{1}{2}$ —1 Minute schwand, nach welcher Zeit dann die Zuckungen abermals willkürlich erregt werden konnten. Bei der manometrischen Messung der Grösse der Excursionen des Trommelfells zeigte sich, dass „nach mehreren rasch aufeinander folgenden Zuckungen die Excursionsgrösse des Tröpfchens etwas abnahm.“ Also ausserordentlich schnelle Ermüdung bis zur vollständigen Functionsunfähigkeit. Nun denke man sich unser Ohr im täglichen Leben beim Anhören eines stundenlangen, schnellgesprochenen Vortrages und ermesse, ob man dem Musc. tensor die Kraft zuschreiben kann, in jeder Minute ungezählte Male beim Erklängen eines Vokales

1) Archiv für Ohrenheilk. Bd. IV, pag. 27.

zu zucken und am Schluss des Vortrages noch gar nicht müde zu sein. Nein, eine solche Kraft vermag der Muskel selbst bei grösster Hochachtung vor seiner Fiederung nicht zu entwickeln.

Des Weiteren berichtet Jacobson¹⁾ — diese Beobachtung ist erst im Jahr 1883 mitgetheilt worden —, dass ein Patient, welcher beim Zukneifen des Auges seinen Tensor mitbewegte, schnelle Muskelermüdung empfand und bei oft hintereinander wiederholtem Zukneifen des Auges immer leiser den Muskelton wahrnahm, während sich objectiv die Verminderung der Einwärtsziehung des Trommelfells bei öfterer Wiederholung des Versuches nachweisen liess.

Die zweite Voraussetzung von Hensen's Hypothese, sollte sie anders eine innere Wahrscheinlichkeit für sich haben, ist die, dass die durch Tensor-Zuckung bedingte Trommelfellbewegung stets übersehen worden ist; denn Niemand hatte und hat bis vor wenigen Wochen, wo ich sie als Erster unter besonderen Bedingungen gesehen habe, Trommelfellbewegung beim Hören durch Tensor-Wirkung beobachtet. Ein dauerndes Uebersehen einer beim gewöhnlichen Hören sich stets erneuernden, wenn auch sehr feinen Bewegung war aber an sich unwahrscheinlich.

Selbst Mach und Kessel²⁾, welche am Lebenden die Schwingungen des Trommelfells beim Anlauten einer Orgelpfeife, also einer periodischen Schwingungszahl gleich der des Vokalklanges, gesehen hatten, vermochten keine Erscheinungen zu beobachten, wie man sie künstlich durch Spannung der Binnenmuskeln am Präparat hervorrufen kann.

Alles dies musste die Annahme, dass eine solche Zuckung im Anfang jeder Silbe möglicherweise bestand, von vornherein als höchst unwahrscheinlich erscheinen lassen.

Indess die Hypothese war da, und der Versuch folgte. Hensen³⁾ beschreibt denselben in folgender Weise: »Die Hunde werden so schwach curarisirt (4—5 mgr Curare), dass sie nach

1) Arch. f. Ohrenheilk. Bd. XIX, pag. 44.

2) Wiener Sitzungsberichte. Jahrg. 1872; Archiv f. Ohrenheilkunde. Bd. VIII, pag. 121 u. ff.

3) l. c. pag. 315.

Beendigung der Operation einigermaßen zuckungs- und athmungs-fähig sind. Die Theile werden hart unter dem Zungenbein bis zum Pharynx quer durchschnitten und die Bulla ossea einer Seite freigelegt.« Hierbei fand, wie sich aus einer nachträglichen Anmerkung ergibt, eine ausgiebige Unterbindung der benachbarten Gefäße statt. »Die Bulla wird dann mit dem Trepan eröffnet und mit der Knochenzange erweitert.« In den Bauch bezw. Sehnenspiegel des Muskels wurde eine Nadel eingestochen, welche frei herausragte, indess natürlich nur locker sass.

Das zweite Experiment glückte nach Hensen's Erachten vollständig; das Resultat war: »Jeder Ton, jedes Geräusch, jede Silbe brachte die Nadel in Bewegung«; wurde der Ton angehalten, so kam sie zur Ruhe; der Muskel war allem Anschein nach erschlaft. »Jedes neue Geräusch brachte dann wieder Zuckungen.« Doch schienen dieselben auf lautes Geräusch etwas energischer zu sein und bei sehr leisem Geräusch konnten sie ausbleiben. Diese letztere Beobachtung erklärt sich Hensen daraus, dass der Muskel unter einer gewissen Curarewirkung stand und die Schallschwingungen durch Auftreffen auf beide Trommelfellseiten das Mitschwingen desselben ungünstig beeinflussten.

Bei einem weiteren Versuchsthier reagierte der Tensor sehr lebhaft und taktmässig auf die Schläge eines Metronoms, bis zu 108 Schlägen die Minute, während er sich durch den Ton hölzerner Orgelpfeifen sehr wenig erregbar zeigte. »Eine hohe Pfeife von 6000 Schwingungen erregte zwar den Muskel stark und noch von einem andern Zimmer aus, aber tiefere Pfeifen erregten ihn weit weniger, die Contractionen schienen kleiner zu werden, und für Pfeifen unter 200 Schwingungen blieb es zweifelhaft, ob überhaupt eine Bewegung eintrat.« »Hier scheint also,« sagt Hensen, »ein Angriffspunkt für weitere Prüfungen zu liegen.«

Die Hunde wurden dann weiter benutzt, um einige Näherungswerthe für die Zeiten des Eintritts der Zuckung zu erhalten, und ergaben die gefundenen Zahlen, »dass der Muskel zu Beginn der Tonerregung reagirt«.

»An einer noch nicht halbwüchsigen Katze konnten die am Hunde gemachten Erfahrungen bestätigt werden. Man musste

deutlich artikulirt sprechen, wenn der Muskel bei jeder Silbe zucken sollte; sprach man weniger deutlich, so fiel die eine oder andere Zuckung aus. Jedoch bei Wiederholung desselben Satzes waren es nicht wieder dieselben Worte, für welche die Zuckung ausfiel.«

»Auch bei diesem Thier zeigte sich grosse Empfindlichkeit für Orgelpfeifen über 2000 Schwingungen, Unempfindlichkeit für solche unter 100 Schwingungen. Auf solche unter 200 Schwingungen reagierte der Muskel nur, wenn man die Pfeife dicht ans Ohr hielt, dagegen bewegte er sich auf in tiefem Bass gesprochene Worte recht gut.«

Man erkennt, dass die Ergebnisse dieser Versuche, die Hensen übrigens nicht als abgeschlossen betrachtete, und aus denen er zunächst keine weiteren Schlussfolgerungen zog als die, dass sie seinen Voraussagen völlig zu entsprechen schienen, sehr wenig Gesetzmässiges erkennen lassen. Auf periodische wie aperiodische Schallschwingungen antwortete der Muskel bald mit Zuckung, bald blieb er in Ruhe, und selbst die gleichen Schallschwingungen wirkten unmittelbar hintereinander entgegengesetzt. Die am meisten einheitlichen Ergebnisse sind noch, dass eine gewisse Intensität des Schallreizes zur Erzeugung der anscheinenden Reflexzuckung erforderlich erschien, und weiter, dass hohe und sehr hohe Pfeifentöne ungleich stärker den Muskel erregten als tiefe, auf die theilweise überhaupt keine Reflexzuckung folgte.

Die Frage des Weges der Reflexactionen blieb ungelöst; um eine Art von Sehnenreflexen handelte es sich nicht. Wunderbarer Weise vermuthete Hensen, durch] Stichverletzung der Schnecke, Berührung des runden Fensters und des Gehörgangs Muskelzuckungen hervorrufen zu können.

Ich stimme mit Hensen auf Grund dieses Versuchsergebnisses nicht darin überein, dass das Resultat seinen Voraussagen völlig zu entsprechen schien, nämlich dass der Tensor vermuthlich im Anfang jeder Silbe zur Verbesserung des Vokalgehörs zuckte. Für mein Denken sind es überhaupt ganz eigenartige Vorstellungen, die Hensen auf die Vermuthung gebracht haben. Hören wir ihn selbst, wie er sich die Muskelwirkung bei dem

Worte »Pracht«, welches ihm in photographierter Curve vorlag, vorstellt.

»*P* braucht circa $\frac{5}{200}$ Sekunden und ≈ 0.11 Sekunden, beide also 0.13 Sekunden, so dass der Muskel völlig die Zeit gewinnen kann, sich durch den ersten Anschlag des *P* zu contrahiren, um die Wahrnehmung des auf *Pr* folgenden *a* zu erleichtern. Das *a* dauert 0,22 Sekunden, es könnte also, selbst wenn ihm nur ein *P* voranginge, der Muskel, die Reflexzeit zu 0.1 Sekunden angenommen, sich noch im Verlauf des Vokals contrahiren, um möglicherweise wieder erschlafft zu sein, wenn das *cht* eintritt.« Man mag die Worte drehen und wenden, wie man will, man kann es nur so verstehen, dass durch das Anlauten von *P* die Zuckung reflectorisch hervorgerufen werden soll, welche *a* zu Gute kommt. Wie aber, wenn statt »Pracht« »Prczystanki« oder ein anderer ähnlicher polnischer Ortsname ausgesprochen wird? Soll der Muskel dann auch zucken, oder nicht? Zuckt er, so erschwert die Zuckung, nach Hensen's eigener Anschauung über die Mechanik des Trommelfells und gemäss der von ihm angeblich gefundenen Reactionszeit des Muskels, die Perception von *rcz* und nützt für die Wahrnehmung von *y* gar nichts; zuckt er nicht, um das Hören nicht zu erschweren, dann könnten wir nur die Annahme machen, dass das Reflexcentrum es geahnt haben muss, dass dieses Mal hinter *P* nicht *ra*, sondern *rczy* folgt. Zum mindesten eine neue dunkle Stelle in den schon genügend dunklen Reflexvorgängen.

Ich habe das Gefühl, der Bann der eigenartigen Hypothese hat Hensen das einzige, zuvor hervorgehobene, einigermaßen Gesetzmässige in seinen Versuchsergebnissen nicht erkennen lassen, und so ist er im Bann derselben festgehalten worden, wie sich aus den Darlegungen in seiner Physiologie des Gehörs ergibt. Nur in soweit erscheint seine Anschauung über die reflectorische Erregung des Tensor durch Schallwellen später modificirt, dass er es für zweckmässig erachtet, »das Trommelfell beim Ertönen eines Klanges die verschiedenen Grade von Spannung durchlaufen zu lassen, weil dabei die passendste Spannung getroffen werden muss.«¹⁾

1) l. c. pag. 65.

Eine Erklärung, wie die von ihm gesehenen Zuckungen des Tensor zu Stande kommen, hat Hensen nicht geben können, trotzdem aber hat er die im Ganzen ganz ungesetzmässige Erscheinung als Bestätigung seiner in sich höchst unwahrscheinlichen Hypothese festgehalten.

Ich will zeigen, wodurch die Zuckungen des Tensor hervorgerufen wurden.

Cl. Bernard¹⁾ hat gezeigt, dass, wenn man einen Frosch mit Curare vergiftet, so dass die motorischen Nervenenden gelähmt sind, und ihre Reizung keine Muskelbewegung mehr auszulösen vermag, trotzdem auf directe Reizung des Muskels eine Zuckung desselben eintritt, die sich von der eines unvergifteten Muskels nur dadurch unterscheidet, dass die Contractionsfähigkeit des vergifteten Muskels länger anhält, als die des unvergifteten.

Sollte nun bei einem Warmblüter eine im Muskel steckende Nadel nicht auch als Reiz wirken? Aller sonstigen Erfahrung nach ohne Zweifel. Nun braucht man sich nur die sehr nahe liegende Vorstellung zu machen, dass der durch die Operation in der heftigsten Weise erschreckte und erregte Hund, dessen sensible und sensorielle Nerven intact sind, beim Ertönen eines schrillen Tones oder eines ihn sonst erregenden Geräusches die geringste Bewegung macht, die man durch kein Festhalten und Festbinden verhindern kann, so wird die im Muskel nur locker sitzende Nadel erzittern und diese Nadelbewegung ist dann der Anstoss zur Contraction. Die grosse Kraft, die der kleine Muskel in den Hensen'schen Versuchen anscheinend gezeigt hat, käme ihm dann nach Cl. Bernard von der Vergiftung. So liesse sich einerseits das einzige einigermaßen Gesetzmässige in den Versuchen erklären, nämlich dass eine gewisse Intensität des Schallreizes erforderlich schien, und dass vor Allem hohe und höchste Pfeifentöne ungleich stärker als tiefe den Muskel erregten, andererseits auch die volle Ungesetzmässigkeit, dass der Muskel bei ein und demselben Wort bald zuckt bald in Ruhe

1) Nach Steiner, Das amerikanische Pfeilgift Curare. Habilitationsschrift. Leipzig 1877. Pag. 38.

bleibt, oder dass tiefe Pfeifentöne den Muskel nur dann, wenn man die Pfeife dicht an das Ohr hält, erregen, in tiefem Bass gesprochene Worte ihn dagegen zur promptesten Zuckung veranlassen. Der psychische Eindruck, den der schrille Ton, das im tiefen Bass gesprochene Wort auf den Hund machte, gab indirect Veranlassung zur Zuckung, indem durch Bewegung des Hundes Bewegung der Nadel auftrat und diese als Reiz wirkte. Ich hatte diese Bemerkungen kaum niedergeschrieben, als mir beim nochmaligen Durchlesen der gleich zu erwähnenden Bockendahl'schen Versuche der Beweis für die Richtigkeit dieser als möglich hingestellten Annahme mühelos zufiel. Diese Bockendahl'schen, den Hensen'schen im Wesentlichen gleichen Versuche, die unter Hensen's Leitung gemacht wurden und nach des Verfassers eigenen Worten »einen hohen Grad der Unvollkommenheit« zeigen, haben nach drei Richtungen hin einen speciellen, bezw. mehr allgemeinen Werth; wir brauchten auf sie sonst nicht näher einzugehen.

Ihr Wert liegt darin,

1) dass Bockendahl die Art der Bewegung des Trommelfells beim Hunde durch Tensor-Wirkung am Präparat richtig erkannt hat;

2) dass durch ein Zugeständnis in der Vorrede zur Arbeit und eine Aeusserung gegen Ende derselben der Beweis für die Entstehungsart der Zuckungen geliefert wird;

3) dass sie zeigen, dass es für den Erfolg wissenschaftlicher Arbeit kaum etwas Nachtheiligeres giebt, als in gänzlicher Befangenheit einer an sich höchst unwahrscheinlichen Hypothese zu arbeiten und nun (wie Bockendahl sagt) einen Befund, nämlich im Unterschied zu Hensen die tetanische Contraction des Muskels während der Schallerregung, durchaus machen zu müssen, weil er als ein logisches Postulat eben dieser Theorie erschien; was übrigens falsch ist.

So fanden sie denn wieder, was sie erwartet hatten.

Auf den zweiten Punkt muss ich hier etwas näher eingehen. Bockendahl¹⁾ schreibt: »Durch Hensen's Versuche, die auf Grund

1) Archiv für Ohrenheilk. Bd. XVI, pag. 241 u. ff.

eines rein theoretischen Raisonnements unternommen wurden, war der experimentelle Nachweis geliefert, dass der *Musc. tensor tympani* bei Beginn einer Tonerregung, eines Geräusches, einer Silbe mit einer Zuckung reagirt — ein Factum, welches ich bei jedem meiner Versuche zu bestätigen in der Lage war, so ungünstig sie auch oft in Bezug auf die Beantwortung fernerer, sich an dies Factum anschliessender Fragen sein mochten. Der präzise Ausschlag der in den Muskel gesteckten Nadel erfolgte stets, selbst wenn eine Zeit von 1—2 Stunden mit erfolglosen Bemühungen verstrichen war, auf andere, weiter unten zu beschreibende Weise Bewegungen hervorzurufen.« Die ganze folgende Beschreibung der Versuche lässt aber in Folge directer Angabe zunächst nicht den leisesten Gedanken aufkommen, dass die Nadel bei Beobachtung der Bewegung im Muskel gesessen hat, sondern allein den, dass sie im Hammer sass und von hier aus die Bewegungen beobachtet wurden. Dies ist also nicht der Fall gewesen; die Nadel sass im Muskel, was, wenn es noch eines Beweises bedürfte, bewiesen wird durch einen der Schlusssätze der Arbeit. Bockendahl hat dargelegt, dass er den Tetanus des Muskels finden musste und sagt dann: »Dass ein solcher dauernder Contractionszustand anfangs der Beobachtung entgehen konnte, lag wohl an der wenig genauen Beobachtung, welche die im Muskel sitzende und ihn wahrscheinlich bald aushöhlende Nadel überall nur gestattete.« Dabei setzt er wenige Seiten zuvor in eingehender Weise auseinander, wie er die Nadel in den Hammer eingebohrt und wie er das Ablesen der Bewegungen eben dieser Nadel vorgenommen habe. Ich versage es mir, auf eine gebührende Charakterisirung einer derartigen Arbeit näher einzugehen. Den einzigen Nutzen hat sein zuvor erwähntes Zugeständniss gebracht, weil es den stricten Beweis für meine Annahme liefert, dass die von Hensen und Bockendahl gesehenen Zuckungen durch den Reiz, den die in dem Muskel sitzende Nadel auf denselben bei Bewegungen ausübte, hervorgerufen sind. 1 – 2 Stunden müht sich Bockendahl bei den curarisirten Thieren vergeblich ab, ohne directe Verletzung des Tensors Bewegungen zu

beobachten; dann stösst er die Nadel in den Muskel, und sofort erfolgt der präzise Ausschlag derselben. Wir haben es hier also mit einem Analogon des Cl. Bernard'schen Versuches zu thun, und es ist dadurch auch eine Thatsache erklärt, deren Verständnis und Erklärung mir nicht gelingen wollte, nämlich, dass in einem curarisirten Thier, ohne dass der Tensor aus der Circulation ausgeschaltet war, so präzise Reflexzuckungen auftreten konnten, und dass, wie Bockendahl angiebt, die Schwere der Curare-Vergiftung gar keinen Einfluss auf die Intensität der Muskelzuckungen hatte.

Mit diesem Nachweis fällt die Hypothese Hensen's und mit ihr Alles, was er in seiner Physiologie des Gehörs und Andere darauf gebaut haben.

In den ihr zu Grunde liegenden Anschauungen widerspruchsvoll, hat sie nicht zur Förderung, sondern zur Verwirrung gedient. Wir Jüngeren brauchen aber bezüglich der Physiologie des Ohres um so weniger zu klagen:

»Sie haben uns Alles weggenommen,
Die besten Gedanken, das kühnste Wort«

sondern wir wollen neu bauen, wenn das Alte stürzt.

Wir wollen zu diesem Zweck zunächst noch einmal kurz die Thatsachen sichten, die bisher zusammengetragen sind, um die Function des Musc. tens. tymph. zu erforschen.

Die Aufhebung seines natürlichen Zuges im Ruhezustande beeinträchtigt nicht die Hörschärfe, bedingt aber Hyperästhesie gegen hohe Töne. Die Contraction des Muskels verringert die Schallschwingungen der Gehörknöchelchen und steigert den Labyrinthdruck; das Vorherrschende in der akustischen Wirkung seiner willkürlichen tetanischen Contraction ist Abdämpfung namentlich von Schallwellen von grösserer Schwungsdauer, nach dem einen vorliegenden Versuch auch von hohen Geräuschen etwa aus der 4. Oktave.

Sein natürlicher Zug im Ruhezustand verhindert eine den Zusammenhang der Knöchelchenkette lockernde oder sprengende Auswärtsbewegung des Hammers.

Dies sind die sicheren Ecksteine, auf denen weitergebaut werden kann und muss. Alles weist darauf hin, dass der Muskel zum Schutz da ist, im Ruhezustand, eine zu starke Bewegung der Knöchelchenkette nach aussen; durch die Contraction, wenn eine solche nachweisbar ist, eine zu intensive, nach innen gerichtete Schallbewegung zu dämpfen.

Will man also an die Prüfung herantreten, so wird man dafür sorgen müssen, unter Anderem auch sehr intensive Geräusche und Töne auf das Ohr einwirken zu lassen.

Als ich meine eigenen Versuche begann, war es mir noch nicht geglückt, die Hensen'schen Versuche zu erklären; aber da ich so viel Widersprechendes in ihnen fand, wollte ich sehen, wie und ob die Widersprüche sich durch andere Versuchsanordnungen lösen.

Die erste Aufgabe, die ich mir stellte, war: Es soll beim unvergifteten Hund ohne Verletzung des Trommelfells und Mittelohrs und ohne jede Schmerzwirkung geprüft werden, ob bei Schallerregungen verschiedenster Art Bewegungen am Trommelfell auftreten, die auf Tensor-Wirkung zu beziehen sind.

Die Lösung dieser Aufgabe erforderte:

1) ein genaues Studium der Bewegungen des Trommelfells durch Tensor-Wirkung beim Hunde, wie sie mechanisch durch Zug am Muskel oder auf andere Weise experimentell hervorgerufen werden können;

2) eine dem eigentlichen Versuch vorhergehende Freilegung des Trommelfells in Aethernarcose unter Vermeidung jeglichen Insults desselben;

3) eine absolut sichere Fixation des Hundes.

Betrachten wir diese einzelnen Punkte genauer.

Das genaue Studium der Trommelfellbewegung durch Tensor-Wirkung wurde erzielt:

1) durch Beobachtung der mechanischen Wirkung des Muskels auf das Trommelfell am ganz frischen Präparat.

Da aber vermuthet werden musste, dass die durch Zug am Muskel bedingten Bewegungen gröber ausfallen würden, als solche in Folge Contraction, so wurde

2) die Trommelfellbewegung studirt, welche durch intracraniale Reizung des Trigeniums hervorgerufen wird, und da ein solcher Versuch nur die Möglichkeit in sich schliesst, einige wenige Male die Bewegung zu sehen, ein absolut scharfes Einprägen der Bewegung mit Rücksicht auf das sichere Wiedererkennen indess in hohem Masse zweckmässig erschien, so wurde

3) derselbe Hund, der später für den Hauptversuch ausersehen war, Wochen vor diesem durch allmählig gesteigerte Strichnervvergiftung reflexerregbarer gemacht und dann der Einwirkung derselben Schallquellen, wie sie im Hauptversuch gebraucht werden sollten, ausgesetzt.

Vielleicht gelang es so, Reflexzuckung des Tensors hervorzurufen und die entsprechende Trommelfellbewegung hinreichend sicher zu studiren.

So konnte ich hoffen, jede Bewegung, welche beim un- vergifteten Hund möglicherweise durch Tensor-Contraction am Trommelfell bedingt wurde, mit Sicherheit als solche wiederzuerkennen.

Die Wirkung des M. tensor auf das Trommelfell kann am Präparat sehr leicht studirt werden.

Der Kopf eines eben getödteten Hundes wird in der Längsachse durchsägt; das Gehirn entfernt; die Erhebung der halb- zirkelförmigen Kanäle, die wie Glas splintern, mit dem Meissel oder der Zange abgetragen, und die Decke des davor liegenden Knochenkanals, in dem zum grössten Theil der Muskelbauch liegt, nicht selten mit einem Schlage ohne Eröffnung der Pauken- höhle abgehoben. Dann wird das Trommelfell freigelegt; auf das untere, etwas breitere Ende des Hammergriffs, wie auf die Mitte des vorderen wie hinteren Trommelfellsegmentes werden etwa 1 mm hohe Korkpyramiden, deren Spitze man am besten etwas schwärzt, aufgeklebt, und das so armirte Trommelfell bei hellem, durch Hohlspiegel reflectirten Licht unter etwa 4facher Lupenvergrösserung beobachtet, während am Tensor ein leichter, plötzlich nachlassender Zug ausgeübt wird.

Man sieht dann mit geradezu überraschender Deutlichkeit, dass das Trommelfell sich um eine im Hammer- griff verlaufende Axe, wie man ohne nennens-

werthen Fehler sagen kann, dreht, und zwar am linken Ohr, vom Beschauer aus betrachtet, von links nach rechts. Beobachtet man nämlich die Verschiebung, welche die Spitze der auf dem Hammergriff sitzenden Pyramide bei Tensor-Zug nach innen macht, von oben bei mässiger Vergrösserung, so zeigt sich, dass diese Art der Bewegung eine ganz minimale ist. Die ausgiebigste Bewegung macht das hintere Trommelfellsegment.

Es erklärt sich dieser Bewegungsmodus des Trommelfells beim Hunde aus dem nahezu rechtwinkligen Ansatz des Muskels an einem besonderen Muskelfortsatz des Hammers.

Diese Methode, die Trommelfellbewegung sichtbar zu machen, erscheint mir sehr viel einfacher wie die Bockendahl'sche und giebt ein sehr instructives Gesamtbild. Die eigenartige drehende Bewegung erkennt man schon viel leichter, wenn man auf Hammergriff, Mitte des vorderen wie hinteren Segmentes, mit Russ je einen schwarzen Punkt macht und dann die Verschiebungen dieser Punkte beobachtet.

So wurde denn auch der Einfachheit halber diese letztere Methode verwendet, wo es sich darum handelte, am noch reactionsfähigen Hundekopf bzw. dem lebenden Hund die Trommelfellbewegungen durch Tensor-Contraction zu studiren.

Dies geschah zunächst am noch reactionsfähigen Hundekopf in folgender Weise:

Ein mittelgrosser Hund wurde strangulirt und unmittelbar darauf wurden die gesammten Weichtheile des Halses und Nackens bis auf die Wirbelsäule durchschnitten; sodann wurde der Kopf stark nach hinten gebeugt und von der Wirbelsäule mit wenigen Schnitten gelöst. Der Einspannung desselben in den Schraubstock folgte eine kreisförmige Umschneidung der Weichtheile des Hinterkopfes in der Richtung des nun folgenden Sägeschnittes, welcher von der Mitte der Proc. condyloid. des Hinterhauptsbeins seinen Anfang nahm und auf der Scheitelhöhe circa 1 cm hinter der stark vorspringenden Protub. occip. hinauslief. Die Sägefläche lief annähernd durch die Mitte des 4. Ventrikels. Durch Aufheben des verbliebenen Stumpfes des Med. oblongata mittelst breiten Spatels gelangt man in leichtester Weise zu dem Nerv.

trigeminus, der in seinem ganzen intracraniellen Verlauf, von seinem Austritt aus der Brücke bis zu seinem Durchtritt durch die Dura vollkommen frei zugänglich daliegt. Ich glaube, dass diese Versuchsanordnung vor der Politzer's, welcher das Gehirn auslöffelte, Vorzüge bezüglich der Schnelligkeit wie des völligen Intactbleibens des Trigeminus und der umliegenden Hirntheile hat. Nun wurde die linke Ohrmuschel mit einem Zuge umschnitten; der häutig-knorpelige Gehörgang bei mässigem Zuge nach aussen möglichst nahe dem Trommelfell durchtrennt; mittelst berusster Sonde die Mitte des hinteren Trommelfellsegmentes durch einen schwarzen Punkt gezeichnet und dieser mittelst Hohlspiegel und Gasglühlicht hell beleuchtet.

Von dem Moment der Strangulation bis zum Moment der ersten intracraniellen Reizung des linken Nerv. trigeminus mittelst Anlegen einer Electrode waren $3\frac{1}{2}$ Minuten vergangen.

Bei der ersten Reizung habe ich eine Trommelfellbewegung nicht deutlich gesehen, wohl weil ich durch die äusserst schnelle Präparation des Hundes etwas unruhig geworden war. Bei der zweiten und dritten Reizung dagegen war die allein auf Tensor-Contraction zurückzuführende Bewegung des hinteren Trommelfellsegmentes durchaus deutlich. Der Punkt bewegte sich beim Einsetzen der Reizung nach hinten und beim Aufhören derselben wieder nach vorn, genau so, wie die Bewegung beim groben Zug am Muskel im ersten Vorversuch beliebig oft gesehen worden war; nur war die Bewegung bei intracranieller Reizung ungleich feiner.

Bei der vierten Reizung wurde die Bewegung schon erheblich undeutlicher, und als bei der fünften und sechsten Reizung stärkerer Strom zur Reizung verwandt wurde, wurde jede genaue Beobachtung unmöglich, da eine so kräftige Innervation der Kaumuskeln erfolgte, dass der im gekürzten Gehörgang steckende Ohrtrichter störend mitbewegt wurde.

Bei der besprochenen Versuchsanordnung lag die Flüchtigkeit der Bewegungserscheinungen in der Natur der Sache. Es schien mir aber wichtig, ein möglichst hohes Maass der Sicherheit in der Beurtheilung der von Tensor-Contraction herrührenden Trommelfellbewegung zu erreichen. Deshalb versuchte ich,

ob es nicht möglich sei, durch künstliche Steigerung der Reflexactionen überhaupt reflectorische Contraction des Tensor zu erzielen, wenn man intensive Schallwellen auf den Hund einwirken liess.

Es wurde deshalb folgender dritter Vorversuch gemacht.

Eine Hündin von $6\frac{1}{4}$ Kilo Gewicht, welche sich durch ihre Gutmüthigkeit ganz besonders für den Hauptversuch zu eignen schien und diese Voraussetzung auch nicht getäuscht hat, wurde, nachdem der Versuch mit einem anderen Hunde in Folge Abreissens des Verbandes misslungen war, am 13. 12. 97 9 Uhr Morgens in Aethernarcose ohne Morphinum in nachstehender Weise unter strengster Asepsis operirt.

Nach Abrasiren der Haare — später wurden dieselben in sehr viel einfacherer Weise durch Einreiben eines chemischen Präparates entfernt — wurde die l. Ohrmuschel umschnitten und unter möglichster Vermeidung jeglichen Blutverlustes der knorpelige Gehörgang von seiner Umgebung gelöst; dies geschieht sehr leicht, weil nur ganz lockeres Zellgewebe ihn an die Muskelfascien anheftet. Einige Vorsicht erfordert nur die Freilegung der vorderen unteren Wand, weil sich die Parotis an diese dicht anlegt, und es wegen der Blutung nicht zweckmässig ist, die Drüse anzuschneiden. Unmittelbar nach innen von der Stelle, wo man den nunmehr freigelegten äusseren Gehörgang zu durchschneiden wünscht, legt man eine provisorische Ligatur, um jedes Hineinlaufen von Blut in den Gehörgang bei der nun folgenden queren Durchschneidung desselben zu verhüten. Die Ligatur wird später wieder gelöst, und man sieht den hinteren Trommelfellabschnitt unversehrt frei zu Tage liegen; doch sogleich wird der äussere Gehörgang zum Schutze des Trommelfells mit sterilem Mull wieder geschlossen. Ich habe dann auf zwei verschiedene Weisen weiter operirt. In diesem Falle habe ich den Gehörgangsstumpf oben und unten etwa $\frac{3}{4}$ cm durch Scheerenschnitte gespalten und habe den so gebildeten vorderen und hinteren Gehörgangslappen mit der Haut sorgfältig vernäht. Man erhält so eine trichterförmige Grube, in deren Grund das Trommelfell insbesondere der hintere Abschnitt desselben gut sichtbar ist. Das ganze Trommelfell war bei den

von mir operirten Hunden selbst dann, wenn man sich so dicht an dasselbe herangearbeitet hatte, wegen des tiefen Sinus, den der kurze knöcherne Gehörgang bildet, nicht sichtbar. Bei einer weiteren Operation habe ich nicht mehr den Gehörgang mit der Haut vernäht, weil ich den Eindruck gewonnen hatte, als ob die Naht als Reiz auf den Gehörgang wirkte; sondern ich habe den Gehörgangsstumpf frei in die Wundfläche hineinragen lassen und habe die rinnenförmige Vertiefung um ihn herum mit Jodoformgaze vorsichtig tamponirt, um jedes Hineinfließen von Wundsecret in den ausserdem tamponirten Gehörgang zu vermeiden.

Hiermit habe ich zugleich geschildert, wie ich der zweiten Forderung, die sich aus der gestellten Aufgabe herleitete, nachgekommen bin.

Sollte nun an dem so freigelegten Trommelfell eine sichere, ungestörte Beobachtung möglich sein, so musste zuvor auch die dritte Forderung ihrer Lösung entgegengeführt werden, d. h. eine Methode gefunden werden, durch welche die sichere Fixation des Hundes gewährleistet war. Ich kann nicht verkennen, dass die Eigenart des Hundes meinen Bemühungen sehr förderlich gewesen ist; es war thatsächlich beim Versuch nur eine theilweise Fixation des Hundes in der gleich zu schildernden Weise nothwendig, da, wenn der Wärter des Hundes dicht bei ihm stand, und jeder Schmerz vermieden wurde, der Hund absolut still lag.

Denkt man sich den Hund stehend, und den Raum zwischen der gesammten unteren Fläche seines Rumpfes und Kopfes durch plastischen Thon ausgefüllt, so erhält man einen genauen Abdruck der unteren Fläche seines gesammten Körpers in der natürlichen Haltung. Erhöht man das Thongestell dann um etwa 6 cm, so liegt der Hund nunmehr ohne jede Unbequemlichkeit auf demselben, findet jedoch an den ganz glatten Wänden keinerlei Stützpunkte zum Ansetzen seiner Beine. Er war somit kaum in der Lage, nennenswerthe Kraft zu entwickeln. Durch die ganze Masse des nahezu einen Centner wiegenden Gestells wurden an geeigneten Orten Eisenstangen gesteckt, so dass ein kreuzweises Hinüberführen von Bindentouren unter Anwendung jeder Kraft möglich war. Für die sichere Fixation des Kopfes

waren vorn noch besondere Eisenstangen eingelassen. Durch mehrtägiges Trocknen auf warmem Herd wurde dieses Gestell wie Stein, welches in Folge seines grossen Gewichts absolut sicher stand.

Der unter Umständen grosse Nachtheil dieser Art der Fixation ist der, dass man für jedes Thier eine besondere Form bilden muss, was Zeit und Mühe kostet; aber für die sichere Fixation eines einzelnen Thieres erscheint mir das Verfahren für den vorliegenden Zweck sehr empfehlenswerth. Der Hund lag ohne Fixation in seinem Negativ absolut still, und erst als er durch allmählig gesteigerte Strychninvergiftung unruhiger wurde, wurde Fixation durch straff angezogene Bindentouren nothwendig.

Am Tage der Operation Nachmittags 4⁷ Uhr, nachdem die Wirkungen der Aethernarcose völlig geschwunden waren, wurden nun dem so fixirten Hunde zunächst 0,0005 Strychnin in eine Vene der Streckseite der rechten Hinterpfote, welche mit Hilfe der Infiltrationsanästhesie unter Benutzung physiologischer Kochsalzlösung schmerzlos freigelegt war, injicirt und 1 Minute darauf, 4⁸ Uhr Nachm., die Versuche begonnen.

Die Ton- bzw. Geräuschreihe, welche ich, soweit die Schallquelle eine derartige Modification überhaupt zulies, in drei verschiedenen Stärken zur Anwendung brachte, setzte sich zusammen aus drei offenen und einer gedeckten Pfeife von 86—696 ganzen Schwingungen;¹⁾ hieran schlossen sich Geigentöne *fis*³, *g*³, *e*³ und *c*⁴, hieran die König'schen Klangstäbe von 8192 bis 20480 Schwingungen und schliesslich die Galtonpfeife bei Theilstrich 4,5. Die Tonreihe schlossen die Vokale *a*, *e*, *i*, *o*, *u*.

Die Geräuschreihe setzte sich zusammen aus dem Fallapparat und zwar kamen drei verschiedene Fallhöhen zur Anwendung: 20, 100 und 200 cm; aus dem Du Bois'schen Schlitteninductorium mit einer Belastung des Hammers von 810 und 360 mgr. Wachs und ohne Belastung; schliesslich aus verschiedenen anderen Schallquellen, bei denen nur eine Stärke zur Anwendung kommen konnte; es waren diese: schriller Pfiff, Schuss mit einer Salompistole und die sehr intensiven Geräusche, welche entse-

1) Herr Geh. Rath Melde war so liebenswürdig, die Schwingungszahlen zu bestimmen.

wenn man eine mit Speichel befeuchtete Glasplatte mit einem breiten Kork kräftig streicht.

Gleichzeitig wurde mit anderen Schallquellen ein Versuch gemacht, der auf die Function des *Musc. stapedius* abzielte, über den hier zunächst nicht weiter berichtet werden soll.

Die verschiedene Intensität der Pfeifentöne wurde durch verschiedene Belastung des Blasebalgs erzielt, indem als geringste Tonstärke diejenige genommen wurde, welche bei unbelastetem, voll aufgepumptem Blasebalg entstand, die mittelstarke bei 40 Kilo, die stärkste bei 98 Kilo Belastung desselben.

Allerdings werden durch ein derartig verschieden starkes Anblasen der Pfeifen die Töne selbst in soweit verändert, als sie etwas höher werden, und auch die Obertöne mehr hervortreten, doch schien dieser Umstand von keinem wesentlichen Belang, weil es vor Allem darauf ankam, bei den verschiedenen Versuchen nur mit stets gleichen Tonquellen zu operiren, somit eine gewisse, aber stets gleichbleibende Modification des eigentlichen Grundtones der Pfeifen mit in den Kauf genommen werden konnte.

Die wechselnde Stärke der Geigentöne bedingte die Kunst des Geigenspielers, die der Klangstäbe der verschieden starke Anschlag, die der Vokale der Wille.

Die einzelnen Töne und Geräusche folgten in Intervallen von 10 Sekunden, um, falls der Muskel zuckte, eine vorschnelle Ermüdung desselben zu verhüten; doch traten mehrere längere Pausen ein, welche zum Ablauf der allgemeinen Zuckungen des Hundes, zur Erholung des Beobachters, wie zur Demonstration der Trommelfellbewegung für Herrn Dr. Noll vom hiesigen physiologischen Institut erforderlich waren. So dauerte der gesammte Versuch $1\frac{3}{4}$ Stunden.

Das Resultat der Untersuchungen war folgendes:

Nachdem 4⁷ Uhr $\frac{1}{2}$ mgr. Strychnin intravenös injicirt war, wurde von 4⁸ Uhr ab die Ton- und Klangreihe in geringster Stärke durchgeprüft. Es zeigte sich keinerlei Bewegung des Trommelfells, die auf reflectorische Tensor-Contraction durch die erzeugten Schallschwingungen schliessen liess. Da sich auch bei mittelstarker Tonerregung zunächst keine Bewegung zeigte, und

die allgemeine Reflexsteigerung des Hundes nach anderen Anzeichen im Ganzen gering erschien, so wurden 4³⁰ Uhr weitere 0,0005 gr. Strychnin intravenös injicirt und dann mit Pfeife 115,4 Schwingungen — mittelstarke Belastung des Blasebalgs — nach etwa 2 Minuten fortgefahren. Bei den ersten Tonerregungen bekam der Hund sehr kurz dauernde, aber allgemeine Zuckungen der Gliedmassen, wodurch trotz der Bindenfixation eine genaue Beobachtung unmöglich wurde. Nach einigen Minuten konnte die Beobachtung wieder aufgenommen werden, die jedoch im Verlaufe der Untersuchung noch einige Male durch gleiche Zuckungen unterbrochen wurde. Es haben deshalb einzelne Töne mehrmals wiederholt werden müssen, bis ich zu einem festen und sicheren Resultat gekommen war.

Die Tabelle 1, sowie sie von dem Assistenten meines Instituts niedergeschrieben ist, zeigt, dass nach 0,001 gr. Strychnin mit wenigen, leicht ersichtlichen Ausnahmen (R = Ruhe) auf mittelstarke wie starke Töne und Klänge Bewegung des Trommelfells auftrat, welche ihrer Art nach auf Zuckung, nicht auf tetanische Contraction des Musculus tensor während der ganzen Dauer der Tonerregung mit voller Sicherheit schliessen liess. Herr Dr. Noll, welcher mit Herrn Dr. Rost, Assistent am hiesigen pharmakologischen Institut, so freundlich war, mich bei meinen Versuchen zu unterstützen, erkannte die Bewegung des hinteren Trommelfellsegmentes mit Sicherheit, und zwar dass das hintere Segment sich zunächst nach hinten und dann wieder nach vorn bewegt. Es hatte diese Feststellung der Bewegung durch einen zweiten Beobachter, der dieselbe zuvor nicht gesehen hatte, in sofern erheblichen Werth, als dadurch die Sicherheit der Beobachtung überhaupt wesentlich erhöht wurde.

Besondere Einzelheiten ergiebt die Tabelle, welche gleich den anderweitigen tabellarischen Nachweisen im Archiv für Anatomie und Physiologie von His, Braune, Du Bois-Reymond veröffentlicht werden wird.

Die Beobachtung der Bewegung bei den Geräuschen war im Allgemeinen schwieriger, und einige derselben, wie der Schuss

und schrille Pfiff, eigneten sich wegen der Plötzlichkeit der Schallerregung, durch die ich selbst im wichtigsten Moment wenigstens so weit beeinflusst wurde, dass ich nicht mit schärfster Aufmerksamkeit beobachten konnte, für den Versuch überhaupt nicht. Es blieb deshalb zweifelhaft, ob Zuckung auftrat oder nicht. So wurde sie nur beim Niederfallen einer Eisenkugel aus 200 cm Höhe, bei 2 Versuchen mit dem Inductionsapparat und nach wiederholt misslungenen Versuchen bei schrillum, von der Glasplatte ausgehendem Geräusch beobachtet.

Diese Versuche beweisen für die Function des Trommelfellspanners beim Hören gar nichts, auch nicht, ob er sich überhaupt beim unvergifteten Hund jemals reflectorisch auf Schallwellen contrahirt; aber sie dürften auf eine präformirte Reflexbahn zwischen akustischem Centrum und motorischen Kernen des Trigemini hindeuten. Vor Allem aber hatten wir jetzt mit voller Deutlichkeit so oft die durch Reflexzuckung des Muskels hervorgerufene Trommelfellbewegung gesehen, dass wir sie sicher wieder erkennen konnten und mussten, falls sie beim normalen Hund während des Ablaufes genau derselben Ton- und Geräuschreihe zu irgend einer Zeit auftrat.

Es war mein Plan gewesen, sofort nach Ablauf der Strychninwirkung ebendasselbe Ohr zu den weiteren Untersuchungen zu benutzen; dieser Plan konnte indess nicht ausgeführt werden, da, als ich nach Ablauf der Untersuchungen noch einem Dritten die Bewegungen zu zeigen wünschte, Wundflüssigkeit in den Gehörgang hineinlief, und bei der hochgradig gesteigerten Reflexerregbarkeit des Hundes es trotz aller Vorsicht beim Reinigen des Gehörgangs geschah, dass das Trommelfell gereizt wurde. In Folge dessen entwickelte sich eine Entzündung desselben, welche die weitere Verwendung dieses Ohres leider ausschloss.

Glücklicherweise war das zweite Ohr des Hundes normal, so dass das Trommelfell dieses am 5. 1. 98 um 11 Uhr Vorm. in Aethernarcose in der vorbeschriebenen Weise freigelegt und um 5 $\frac{1}{2}$ Uhr Nachm. desselben Tages der Hauptversuch angestellt werden konnte, um zu erforschen, ob bei dem in keiner Weise beeinflussten Hund durch dieselben Schallerregungen wie im

vor erwähnten Strychnin-Versuch Bewegungen des Trommelfells auftreten würden.

Keiner von uns hat irgend eine auf Tensor-Contraction zu beziehende Trommelfellbewegung gesehen, wie sich aus Tabelle 2 ergibt.

Dieses negative Resultat war in sofern von Bedeutung, als wir schliessen durften, dass bei dem nicht vergifteten Hund weder durch Töne noch Geräusche verschiedenster Art irgend eine reflectorische Zuckung des Tensor aufgetreten war.

Damit war auch der Schluss erlaubt, dass der Muskel beim Hunde während des Höraktes eine Accommodation, d. h. eine Anpassung des Trommelfells an periodische oder aperiodische Schallschwingungen, nicht herbeiführt.

Ich sollte indess durch eine zufällige Beobachtung, welche ich während der Zusammenstellung der Geräuschreihe an mir selbst gemacht hatte, zu einem weiteren positiven Resultat geführt werden.

Während ich nach möglichst intensiven und nicht allzu schnell ablaufenden Geräuschen suchte, geschah es, dass ich eine deutliche Zuckung in beiden Ohren fühlte, als es mir gelang, auf der Glasplatte ein ausserordentlich schrilles, geradezu verletzendes Geräusch hervorzurufen. Ich kenne das Gefühl der Muskelcontraction im Ohr, da ich mit Leichtigkeit beim Verschluss der Augen der gewöhnlichen Annahme nach den Musc. stap. contrahiren kann. Es war dem Gefühl nach unzweifelhaft eine Muskelzuckung gewesen, welche durch das ausnahmsweise unangenehme Geräusch hervorgerufen worden war; doch blieb zunächst unentschieden, ob sie vom Tensor oder Stapedius herrührte. Da eine solche Zuckung den Sinn haben konnte, das Ohr unempfindlicher zu machen, und nach den Resultaten der bisherigen Untersuchungen der Tensor geeignet schien, möglicherweise durch seine Contraction das Ohr zu schützen, so wurde es mir wahrscheinlich, dass ich reflectorische Tensor-Zuckung gefühlt hatte.

Wenn dem so war, so musste es möglich sein, den Vorgang durch die Otoskopie an Anderen objectiv nachzuweisen — denn

Tensor-Wirkung, allerdings nur bei willkürlicher tetanischer Contraction, war gesehen worden —, wenn es gelang, Töne bzw. Geräusche zu erzeugen, die genügend stark und unangenehm waren.

Dies erscheint leichter, als es ist; denn es kostet oft längere, vergebliche Bemühungen, die entsprechenden Geräusche hervorzurufen.

Während ich noch im hiesigen physiologischen Institut, dessen Einrichtungen mir bereitwilligst zur Verfügung gestellt waren, mit den Thierexperimenten beschäftigt war, begann ich in meinem eigenen Institut eine zweite Untersuchungsreihe am Menschen. Die Einrichtungen meines Institutes gestatteten mir nicht, genau die gleiche Ton- und Geräuschreihe wie bei den Thierexperimenten zur Anwendung zu bringen, sondern ich musste mich mit den vorhandenen Mitteln einrichten, was um so besser ging, als diese Untersuchungsreihen von vornherein mehr eine bestimmte Richtung durch die Eigenbeobachtung gewonnen hatten. Man wird indess bei Durchsicht der Tabelle III nicht verkennen, dass ich alle anderen Möglichkeiten einer etwaigen Wirksamkeit des *Musc. tensor* in gleicher Weise mit in Betracht gezogen habe.

Die Schallquellen setzten sich wiederum aus einer Ton- und Geräuschreihe zusammen. Erstere wurde gebildet durch die Vokale *a*, *e*, *i*, *o*, *u*; sieben gedeckte Pfeifen, drei Stimmgabeln (32, 1024, 2048 Schwingungen); den König'schen Klangstäben *ut*⁷, *MJ*⁷, *Sol*⁷, *ut*⁸, *MJ*⁸; der Galton-Pfeife bei Theilstrich 7 und 4,5, sowie einer Hornpfeife, so dass Töne und Klänge fast von den tiefsten bis zu den höchsten vertreten waren. Die Geräuschreihe bestand aus: dem Fallapparat (20 cm, 1 m, 2 m), einer höchst unangenehm heulenden Radfahrerpfife; einer Schiefertafel mit Griffel; einer Glasscheibe mit Kork sowie einer schweren Viehkette. Letztere war hinzugekommen, weil eine Patientin gelegentlich äusserte, sie habe einmal ein ganz deutliches Zucken in ihren Ohren empfunden, als eine Viehkette im Stalle klirrend niederfiel. Und in der That erzeugt sie beim kräftigen Schütteln und Niederfallen ein für Manche recht unangenehmes Geräusch.

Diese Marterinstrumente lassen indess keineswegs immer das ihnen innenwohnende unangenehmste Geräusch hervortreten, sondern es will ab und zu gar nicht gelingen, gerade diese zu erzeugen, worauf es vor Allem ankommt. Dadurch werden diese Untersuchungen mühsam, zeitraubend, ganz abgesehen davon, dass sie, wie jeder Nachuntersucher an sich selbst fühlen wird, ein gewisses Mass der Leistung und Ausdauer nicht allein von dem Auge, sondern von der ganzen Person des Untersuchers fordern. In Folge dessen ist es immer nur möglich, kürzere Zeit und in Pausen zu untersuchen; denn andernfalls wird durch Ermüdung das Resultat unsicher; es treten Täuschungen auf, denen man gerade bei der Beobachtung von so äusserst feinen, sehr schnell ablaufenden Bewegungsvorgängen leicht ausgesetzt ist. Sobald man nicht mehr mit absolutester Schärfe und Ruhe beobachten kann, muss die Untersuchung eingestellt werden.

Eine weitere Vorbedingung, die an den Untersucher gestellt werden muss, ist eine vollendete Uebung im Otoscopiren. Denn es bedarf einer sehr grossen Uebung, um feinste, schnell vorübergehende Verschiebungen der Theilchen mit Sicherheit zu erkennen; aber nicht allein dies, es muss die Fähigkeit hinzukommen, seine Aufmerksamkeit auf das Schärfste zu concentriren und sein Auge eine Zeit lang mit voller Ruhe auf einen Punkt fest einzustellen. Um nicht selbst durch die Töne und Geräusche afficirt zu werden, so dass z. B. nur ein plötzliches Blinzeln auftritt, oder die Aufmerksamkeit einen Augenblick gestört wird, muss sich der Beobachter so schwerhörig wie möglich machen — ich selbst hatte mir bei allen Untersuchungen die Ohren fest verstopft, nachdem ich bei den Voruntersuchungen auf die Bedeutung dieses Umstandes aufmerksam geworden war — und er darf nicht so sitzen, dass er mit dem nichtbeobachtenden Auge sieht, wann ein Ton oder Geräusch angegeben wird. Die Ausschaltung aller anderen Sinneseindrücke, soweit nur irgend möglich, unterstützt die Concentration der Aufmerksamkeit auf das eine zu beobachtende Object.

Dies das Verhalten und die erforderlichen Eigenschaften des Beobachters.

Auch der Beobachtete muss bestimmte Voraussetzungen erfüllen. Zunächst muss er ein functionell wie anatomisch vollkommen normales Gehörorgan besitzen; aber auch unter diesen Personen sind — soweit die anatomischen Verhältnisse des Trommelfells in Betracht kommen — diejenigen bei weitem am besten geeignet, welche ein möglichst zartes, gradgestelltes Trommelfell haben, durch welches man die Contouren des Hammergriffs vollkommen deutlich hindurchsieht. Nach meinen bisherigen Erfahrungen hat es mir indess so scheinen wollen, als ob nicht allein diese anatomischen Verhältnisse für die Untersuchung günstig wären, sondern als ob noch ein anderer Umstand gerade solche Personen für dieselben geeignet machte. Es ist mehrfach beobachtet worden — und ich hatte selbst häufiger Gelegenheit dazu —, dass musikalisch begabte Personen eine geringe Neigung des Trommelfells aufweisen. Solche Personen sind aber im Allgemeinen gegen kräftige Disharmonien empfindlicher als unmusikalische. Da sich nun im Verlauf der Untersuchungen zeigte, dass der psychische Eindruck, den ein Ton oder Geräusch auf den Untersuchten macht, anscheinend nicht unbedeutsam für die im Ohr auftretende Reaction ist, so könnte man meinen, dass auch aus diesem Grunde musikalische Personen mit gradgestellten Trommelfellen sich besonders gut für diese Untersuchungen erweisen. Ich habe wenigstens bei keiner Person besser und vollkommener die reflectorischen Zuckungen des Tensor gesehen, als eben bei einer solchen, der unter Nr. 14 der Tabellen aufgeführten Frau Bildhäuser.

Des Weiteren dürfen die zu untersuchenden Personen nicht wissen, worum es sich handelt, und weiter darf ihr Ohr unmittelbar vor ihren Untersuchungen nicht gleichen Geräuschen ausgesetzt gewesen sein. Es ist eine alltägliche Erfahrung, dass ein unangenehmes, heftiges Geräusch uns nicht in gleicher Weise afficirt, wenn wir auf das Auftreten desselben vorbereitet sind, als wenn es uns plötzlich überrascht, und ferner wissen wir, dass wir uns mit der Zeit selbst an die lautesten und zuerst unangenehmsten Geräusche mehr und mehr gewöhnen; sie verlieren allmählich, wenn sie länger auf uns einwirken, an Unbequemlichkeit. Auf die Bedeutung aller dieser einzelnen

Factoren wurde ich während der Versuche mehr und mehr aufmerksam, z. Th. durch Aeusserungen der untersuchten Personen selbst.

Um den Untersuchten möglichst zu überraschen, ist weiter nothwendig, dass er nicht weiss, wann ein Ton oder Geräusch erfolgt; man muss ihn deshalb von der Schallquelle abgewandt setzen oder ihm die Augen verbinden. Durch möglichsten Ausschluss anderer Sinnesempfindungen wird die Empfindlichkeit des in der Aufnahme von Empfindungen nicht behinderten Sinnes erhöht, ein Umstand, der für das Auftreten der Reflexzuckung des Tensor förderlich sein dürfte, wenngleich, um dies gleich hier zu betonen, darin die Ursache der Reflexzuckung unter keinen Umständen zu suchen ist; denn dieselben Personen zeigten mit unverbundenen Augen gleichfalls Reflexzuckungen.

Ein weiterer Umstand erscheint schliesslich auch von nicht geringer Bedeutung, die physisch-psychische Gesamtbasis, wenn ich so sagen darf, auf die der zum akustischen Centrum geleitete Schallreiz auftrifft. Ein und derselbe Sinneseindruck wirkt unter Umständen auf verschiedene Personen ganz verschieden; ein und derselbe Sinneseindruck wird deshalb auch in sehr verschiedenem Grade willkürliche oder unwillkürliche Abwehrbewegungen bedingen können. Man ersieht aus der Tabelle, dass ich schliesslich fast nur junge Mädchen und Frauen aus den niederen Klassen der städtischen Bevölkerung untersucht habe; Näherinnen, Büglerinnen etc.; sie eignen sich besser zur Hervorrufung von Reflexzuckungen des Tensor als kerngesunde Bauernmädchen, die sich so leicht durch ein unangenehmes Geräusch nicht afficiren lassen.

Nachdem durch Vorversuche im Allgemeinen die Bedingungen festgestellt waren, unter denen das Auftreten einer Reflexzuckung am leichtesten zu erwarten war, sind bisher 18 Personen untersucht worden, doch einzelne nicht ganz vollständig, da ich der Personen zunächst nicht wieder habhaft werden konnte.

Bei den Versuchen sass der zu Untersuchende auf einem festen Stuhl, an dem eine sichere Stütze für den Kopf und Rücken angebracht war, um so jede Bewegung des Kopfes mög-

lichst zu verhindern. In den äusseren Gehörgang wurde ein möglichst weiter Trichter eingeschoben — es wurden nur Personen mit besonders gradgestreckten, weiten Gehörgängen gewählt —, und vor diesen eine Convexlinse — 9 *D* — angeordnet, so dass ein mehrfach vergrössertes Bild des Trommelfells entstand, welches sehr hell erleuchtet war, wenn mittelst Concavspiegel Gasglühlicht durch die Linse in das Ohr geworfen wurde.

Der bei Betrachtung mit unbewaffnetem Auge als gleichmässig leuchtende Fläche erscheinende Lichtkegel löste sich in einzelne leuchtende Streifen und Punkte auf, und die Umrisse des in das Trommelfell eingebetteten Hammers schienen auf das Klarste hindurch. Eine zweite Person erzeugte in der durch die Tabelle bestimmten Reihenfolge die Töne und Geräusche drei Sekunden nach Senken eines Fingers der rechten Hand des Untersuchers, um diesem nach gegebenem Zeichen einerseits noch Zeit zu lassen, seine Aufmerksamkeit und Accommodation auf das Schärfste anzuspannen, andererseits durch unnöthig langes Warten eine vorschnelle Ermüdung zu verhüten. So gelang es mir nicht immer, aber doch zumeist mit voller Sicherheit zu sagen, ob eine Bewegung des Hammergriffs stattgefunden hatte oder nicht. Wo in der Tabelle den Buchstaben ein ? beigelegt ist, hat eine ganz sichere Beurtheilung nicht stattgefunden; wo aber *Z* steht, ist die Beobachtung der Zuckung eine untrügliche gewesen. Das bis jetzt vorliegende Resultat der Untersuchungen ist in der gegenüberstehenden kleinen Tabelle übersichtlich zusammengestellt.

Aus der Zusammenstellung ergibt sich:

1) Reflectorische Zuckungen der *Musc. tens. tym.* wurden ausschliesslich bei sehr intensiven, durch ihre Eigenart verletzenden Geräuschen, wie bei sehr hohen Tönen von grosser Intensität, wie Pfiffen mit der Hornpfeife und bei den König'schen Klangstäben beobachtet. Die Schallempfindung, welche man bei stärkstem Ueberblasen der Pfeifen hatte, war durchaus die eines theilweise sehr unangenehmen Heulens, welches mit dem Grundton begann und auf einen hohen Oberton hinüberzog, der

Tabellarische Zusammenstellung der Versuchsergebnisse.

Bezeichnung der Schallquellen im Allg.	Bezeichnung der Schallquellen im Besonderen	Anzahl der producirten Geräusche, Töne etc.	Zahl der beobachteten Zuckungen
Geräusche	Schiefertafel und Griffel	217	41
	Glasplatte und Kork	177	20
	Kette	45	6
	Radfahrerpfeife	81	11
	Fallapparat $\left\{ \begin{array}{l} 20 \text{ cm Höhe} \\ 100 \text{ " " } \\ 200 \text{ " " } \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 29 \\ 25 \\ 28 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3 \\ 5 \\ 5 \end{array} \right.$
Töne und Klänge	Hornpfeife	67	6
	Vokale $\left\{ \begin{array}{l} a \\ e \\ i \\ o \\ u \end{array} \right.$	32	0
		32	0
		39	0
		40	0
		39	0
	Gedechte Pfeifen $\left\{ \begin{array}{l} C \left\{ \begin{array}{l} \text{schw. angebl., reiner Ton} \\ \text{stark angeblasen} \end{array} \right. \\ D \left\{ \begin{array}{l} \text{reiner Ton} \\ \text{stark angeblasen} \end{array} \right. \\ E \left\{ \begin{array}{l} \text{reiner Ton} \\ \text{stark angeblasen} \end{array} \right. \\ F \left\{ \begin{array}{l} \text{reiner Ton} \\ \text{stark angeblasen} \end{array} \right. \\ G \left\{ \begin{array}{l} \text{reiner Ton} \\ \text{stark angeblasen} \end{array} \right. \\ A \left\{ \begin{array}{l} \text{reiner Ton} \\ \text{stark angeblasen} \end{array} \right. \\ H \left\{ \begin{array}{l} \text{reiner Ton} \\ \text{stark angeblasen} \end{array} \right. \end{array} \right.$	46	0
		17	2
		44	0
		25	2
		50	0
		31	8
		43	0
		25	7
		66	0
		45	15
		50	0
		26	2
		57	0
		28	3
	Stimmgabeln . $\left\{ \begin{array}{l} 32 \text{ Schwingungen} \\ 1024 \text{ " } \\ 2048 \text{ " } \end{array} \right.$	41	0
		44	0
		40	0
	König'sche Klangstäbe $\left\{ \begin{array}{l} 8192 \text{ Sch. } \left\{ \begin{array}{l} \text{schwacher Anschlag} \\ \text{starker Anschlag} \\ \text{sehr starker Anschlag} \end{array} \right. \\ MJ^7 \left\{ \begin{array}{l} \text{schwacher Anschlag} \\ \text{starker Anschlag} \\ \text{sehr starker Anschlag} \end{array} \right. \\ 10240 \left\{ \begin{array}{l} \text{schwacher Anschlag} \\ \text{starker Anschlag} \\ \text{sehr starker Anschlag} \end{array} \right. \\ Sol^7 \left\{ \begin{array}{l} \text{schwacher Anschlag} \\ \text{starker Anschlag} \\ \text{sehr starker Anschlag} \end{array} \right. \\ 12288 \left\{ \begin{array}{l} \text{schwacher Anschlag} \\ \text{starker Anschlag} \\ \text{sehr starker Anschlag} \end{array} \right. \\ Ut^8 \left\{ \begin{array}{l} \text{schwacher Anschlag} \\ \text{starker Anschlag} \\ \text{sehr starker Anschlag} \end{array} \right. \\ 16384 \left\{ \begin{array}{l} \text{schwacher Anschlag} \\ \text{starker Anschlag} \\ \text{sehr starker Anschlag} \end{array} \right. \\ MJ^8 \left\{ \begin{array}{l} \text{schwacher Anschlag} \\ \text{starker Anschlag} \\ \text{sehr starker Anschlag} \end{array} \right. \\ 20480 \left\{ \begin{array}{l} \text{schwacher Anschlag} \\ \text{starker Anschlag} \\ \text{sehr starker Anschlag} \end{array} \right. \end{array} \right.$	33	0
		43	3
		46	2
		37	0
		43	0
		42	4
		48	0
		38	2
		51	5
		35	0
		49	3
		42	2
		35	0
		44	1
		36	2
	Galton-Pfeife . $\left\{ \begin{array}{l} \text{Theilstrich } 7 \\ \text{" } 4,5 \end{array} \right.$	65	0
		62	0

zuletzt sehr kurz aber scharf ertönte. In allen Fällen, wo beim Ueberblasen der Pfeiffen Zuckung beobachtet wurde, handelte es sich demnach um eine durch ein intensives, unangenehmes Geräusch und nicht durch einen reinen Ton veranlasste Zuckung.

Ich habe mich oft bemüht zu erkennen, worin die Eigenart gerade derjenigen Geräusche liege, bei denen ich Zuckung auftreten sah; 5, 6 Mal und häufiger wurden mittelst Schiefertafel und Griffel, oder auf andere Weise laute Geräusche erzeugt, ohne Zuckung zu veranlassen; dann plötzlich entstand ein solches Geräusch und löste die Zuckung prompt aus. Ich habe mehr und mehr den Eindruck gewonnen, dass sie Alle dem Heulen der Pfeifen insofern etwas Verwandtes hatten, als besonders dann Zuckung auftrat, wenn das Geräusch relativ tief ansetzte und blitzschnell eine grosse Summe von Tonlagen bis zu den höchsten hinauf mit grosser Schallstärke durchlief. Dadurch müssen nach der Helmholtz'schen Hypothese, der die von Max Meyer neuerdings aufgestellte deshalb, weil sie einfachen physikalischen Gesetzen zuwiderläuft, nicht Abbruch thun kann, eine ausserordentlich grosse Anzahl von Nervenendelementen gereizt werden, somit die Erregung des akustischen Centrums eine sehr bedeutende sein, zumal da die Erregung aller einzelnen Fasern sich auf eine äusserst kurze Spanne Zeit vertheilt.

Man könnte sich somit sehr wohl vorstellen, dass gerade diese Art von Geräuschen durch die besonders grosse Zahl der erregten Fasern eine besonders starke Erregung hervorruft, und so durch sie am leichtesten und vorzugsweise die Reflexzuckung ausgelöst wird. Die subjective Eupfindung, die dieses Uebermass der Erregung in uns hervorruft, ist die des Unbehagens.

2) Kein reiner Klang oder Ton von den tiefsten bis zu den höchsten mit vorstehender Einschränkung für die letzteren löste eine Zuckung aus und auch Geräusche von mässiger und selbst erheblicher Intensität, sofern ihnen durch ihre Eigenart nicht eine besondere Reizstärke inne zu wohnen schien, vermochten nur unter ganz besonderen Bedingungen Reflexzuckungen auszulösen.

Diese besonderen Bedingungen lernte ich bei Untersuchung der Frau Bildhäuser durch ein zufälliges Zusammentreffen kennen. Bei dieser Frau konnten zunächst durch die der Schiefertafel wie der Glasscheibe entlockten Geräusche keine Zuckungen hervorgerufen werden. Die erste, sehr deutliche Zuckung wurde durch das höchst unangenehme und intensive Heulen der Radfahrerpfife hervorgerufen. Die Frau äusserte sofort unaufgefordert: »Das war aber unangenehm, es zuckte etwas.« Eine weitere Zuckung wurde dann bei Verwendung derselben Schallquelle und eine 3. und 4. beim Ertönen der schrillen Hornpfife in ihrer unmittelbarsten Nähe wahrgenommen. Nun liess man ohne Vorwissen der Frau die schwere Kette etwa $1\frac{1}{2}$ m. hoch niederfallen, was sie in der heftigsten Weise erschreckte. Eine Beobachtung war in Folge der allgemeinen Bewegung nicht möglich, gelang jedoch beim 2. Male, beim 3. und 4. Male jedoch wiederum wegen Erschreckens nicht. Es folgte nun der Fallapparat, bei dessen Geräuschen weder vorher noch nachher jemals wieder eine Zuckung beobachtet wurde. In diesem Fall aber, wo die Frau durch den vorhergegangenen Schreck erregbarer geworden war, zeigten sich schon beim Niederfallen des Gewichtes aus 20 cm. Höhe dreimal deutliche Zuckungen und bei Steigerung der Fallhöhe auf 1 und 2 m erfolgte jedesmal lebhaftere, auch für sie selbst auf das deutlichste fühlbare Zuckung des Tensor.

Die psychische Erregung, in die die Frau unmittelbar vorher versetzt worden war, war offenbar die Ursache, dass schon Geräusche, die sonst niemals Reflexzuckungen auslösten, nunmehr solche hervorzubringen vermochten. Bei Durchsicht der Tabelle über die an Menschen angestellten Versuche wird man häufiger finden, dass nach vergeblichen Bemühungen zwei Zuckungen hintereinander folgten, und wenn es auch bei der Ungleichheit der producirtten Geräusche sich um zufälliges Zusammentreffen handeln kann, so könnte man doch auch daran denken, dass, nachdem es einmal durch ein besonders intensives Geräusch zur Auslösung der Reflexzuckung gekommen war, das darauffolgende Geräusch durch die noch fortbestehende Erregung um so leichter eine Reflexzuckung auszulösen vermochte.

In Anlehnung an eine Lotze'sche Definition könnte man

sagen: Die bei den Versuchen beobachtete reflectorische Contraction des Tensor war das zu Tage tretende Ergebniss einer unbewussten Messung des Reizes an den jeweiligen Lebensbedingungen. Jede Veränderung dieser musste auch das Endresultat der Messung verändern.

Welchen Sinn hat nun dies zu Tage tretende Ergebniss?

Nach Allem, was wir auf Grund der im ersten Theil der Arbeit zusammengestellten und kritisch beleuchteten Versuchsergebnisse über die Mechanik des Trommelfells und über die mechanische Leistung der Tensorcontraction wissen, kann es sich nur um eine Abwehrbewegung handeln, durch welche das akustische Centrum und somit der gesamte Organismus vor weiterer, Unlust erregender Einwirkung der unangenehmen Geräusche geschützt werden soll.

Dies geschieht bei den Geräuschen dadurch, dass das Trommelfell, welches im Ruhezustand für die Fortleitung von Geräuschen gut geeignet erscheint, durch die veränderte Spannung in Eigenschwingungen versetzt und somit für die Aufnahme von Geräuschen ungeeigneter gemacht wird; dass das Durchlaufen der Schallschwingungen durch die Gehörknöchelchenkette erschwert wird; und dass schliesslich durch Erhöhung des Labyrinthdruckes die Uebertragung der Schallwellen auf die Perilymphe grösseren Hindernissen begegnet. Auch der Sinn der bei höchsten intensiven Tönen auftretenden Tensor-Contractionen dürfte sich durch Punkt 2 und 3 erklären, während es unbestimmt bleibt, wie weit die veränderte Spannung des Trommelfells hierbei mitwirkt. Hierbei muss ich einer Beobachtung Erwähnung thun, die ich zeitweise gemacht zu haben glaube, wenngleich bei dem ungemein schnellen Ablauf der Bewegung ein ganz sicheres Urtheil schwer abzugeben ist.

Man sieht die durch Tensor-Zuckung hervorgerufene Bewegung bei weitem am deutlichsten, wenn man die Grenzen des Hammergriffs ins Auge fasst. Es ist eine blitzschnelle, äusserst feine, zuckende Bewegung, die über ihn und die nächstgelegenen Trommelfelltheile hinwegläuft. Es hat mir nun wiederholt den

Eindruck gemacht, als ob die Bewegung am Trommelfell mehr zu Seiten des Hammergriffs lag, als gerade im Lichtkegelgebiet.

Diese Beobachtung über den Bewegungsmodus bei Tensor-Contraction stimmt, wie ich sehe, völlig überein mit der Anschauung, welche Gruber¹⁾ aus seinen anatomisch-physiologischen Studien über das Trommelfell und die Gehörknöchelchen bezüglich der Bewegung des Trommelfells bei der Contraction des *Musc. tensor tympani* gewonnen hat.

Ich hatte zuvor betont, dass der psychische Eindruck, den ein Geräusch auf uns macht, von wesentlicher Bedeutung für das Auftreten der Reflexaction zu sein scheine; anderweitige Beobachtungen bezüglich der an anderen Organen durch Gehörswahrnehmungen hervorgerufenen Reflexe dürften diese Beobachtung bestätigen. Ich erinnere an die Versuche von L. Conty und A. Charpentier.²⁾ Sie untersuchten unter Anderem die durch Wahrnehmung von Geräuschen mannigfacher Art auf das Herz und das Gefässsystem ausgeübten Reflexwirkungen bei curarisirten Hunden und fanden einerseits, dass mit der Häufigkeit des Schallreizes die Reflexzuckung stetig abnahm, andererseits, dass die verschiedenen Hunde in verschiedener Weise auf den gleichen Schallreiz reagierten, und schliesslich, dass »la réflexe cardio-vasculaire est lié non à la perception sensitive, mais à un travail cérébral, consécutif et contingent; c'est ce travail cérébral, émotionnel si l'on veut, excessivement variable pour la même excitation, qui réagit secondairement sur la circulation par l'intermédiaire du mésocéphale; et en résumé, une excitation sensorielle déterminera une réflexe cardio-vasculaire seulement quand elle sera émotionnelle.«

Auch bei meinen Versuchen am Menschen war die Wirkung der Töne und Geräusche eine sehr verschiedene. Bei zwei meiner Versuchspersonen — Nr. 6 und 10 der Tabelle — habe ich überhaupt keine deutliche Zuckung gesehen, wenngleich ich

1) Wien 1867. Anatomisch-physiologische Studien etc.

2) Archives de physiologie normale et pathologique, 1877, p. 525 u. f

mir schon von vornherein Personen aussuchte, bei denen ich einen relativ leichten Ablauf von Reflexactionen vermuthen konnte. Es liegt somit die Vermuthung sehr nahe, dass z. B. bei kräftigen, vollgesunden Männern, die im Allgemeinen weniger einer Beeinflussung ihres psychischen Gleichgewichts, wenn ich so sagen darf, zugänglich sind, es noch schwerer sein dürfte, durch Geräusche, wie ich sie experimentell erzeugt habe, Reflexzuckungen hervorzurufen, als dies schon bei meinen Versuchspersonen der Fall war.

Eine Beobachtung von Bürkner¹⁾ zeigt, dass durch sehr intensive Schalleinwirkungen thatsächlich störende Reflexzuckungen des Tensor auftreten können, sofern der besondere Zustand des Trommelfells — Atrophie — eine ausnahmsweise leichte und ergiebige Bewegung gestattet und bestätigt auch nach anderer Richtung in der schönsten Weise meine Beobachtungen. »Ein etwa 30jähriger Locomotivführer klagte, dass er seit einigen Tagen jedesmal beim Ertönen der Dampfpfeife und mitunter auch bei anderen starken Geräuschen ein lautes Knacken und gleichzeitig eine Bewegung im rechten Ohr spüre.« »Durch lautklingende Stimmgabeltöne, Klappern mit messigen Eiterschalen und ähnliche Geräusche war das vom Patienten beschriebene Symptom nicht zu erzeugen; wohl aber trat es zweimal — und zwar für Bürkner durch das Otoscop hörbar — ein, als B. auf der Fensterscheibe mit dem Messer ein sehr unangenehmes, kratzendes, quitschendes Geräusch hervorbrachte.« Man erkennt sofort die vollständigste Uebereinstimmung der Bedingungen, unter denen hier und in meinen Versuchen Zuckungen auftraten, und man wird deshalb nicht fehlgehen, wenn man mit Bürkner annimmt, dass es sich um eine Tensorcontraction allerdings nicht durch Erschütterung des Trommelfells, sondern durch reflectorische Einwirkung herbeigeführt gehandelt hat. Dass hierbei ein für den Beobachter wahrnehmbares Geräusch entstand, dürfte mit dem schlaffen und atrophischen Trommelfell, welches bei dem Locomotivführer

1) A. f. O. Bd. XXI, pag. 176: Tensorkrampf bei Erschütterung des Trommelfells.

gefunden wurde, zusammenhängen. Gesehen hat Bürkner die Zuckung nicht.

Auch die subjective Empfindung des Locomotivführers ist ganz ähnlich der, die von meinen Versuchspersonen, sofern sie überhaupt eine subjective Empfindung hatten, angegeben wurde: »Es zuckt etwas im Ohr«; »es bewegt sich etwas«. Zur Auffassung der subjectiven Empfindung gehört offenbar eine gewisse Feinheit der Selbstbeobachtung; war aber erst einmal die subjective Empfindung deutlich wahrgenommen worden, so wurde sie von meinen Versuchspersonen in allen Fällen, wo ich Zuckung beobachtet hatte, sofort ungefragt angegeben, aber auch einige wenige Male sonst, wo mir die Bewegung offenbar entgangen war; niemals aber fehlte sie bei den Personen, die überhaupt Zuckungsgefühl hatten, wenn ich deutlich Zuckung gesehen hatte. Die grosse Mehrzahl der Personen hatte aber überhaupt kein Zuckungsgefühl, und erklärt sich dies unschwer daraus, dass der Sinnesreiz — das Geräusch, der Ton — den Empfindungsreiz — das Gefühl der Muskelcontraction — überwog und so den letzteren nicht zur bewussten Wahrnehmung kommen liess.

Das Ergebniss der Arbeit lässt sich dahin zusammenfassen, dass der *Musc. tens. tymp.* ein Schutzapparat des Ohres ist und zwar

1) im Zustande der Ruhe dadurch, dass der Muskel, ohne den Ablauf der Schallschwingungen der Gehörknöchelchen an sich zu erschweren, die Schwingungsweite derselben insoweit einengt, als für eine empfindungslose Wahrnehmung der sensorischen Reize erforderlich ist. Dieser Schutz scheint noch für relativ grosse Amplituden der Schallschwingungen zu genügen und gliedert sich harmonisch in die mechanische Leistung des gesammten Schallleitungsapparates ein.

Der Muskel verhindert weiter eine übermässige Auswärtsbewegung des Hammers und Trommelfells und wirkt, fügen wir hinzu, als Antagonist des *Musc. stapedius* insoweit, als sein natürlicher Zug für die normale Wirkungsweise des letzteren in gleicher Weise nothwendig ist, wie dies bei allen anderen

antagonistischen Muskelgruppen der Fall ist, wo die eine Gruppe auch nur unter Mitwirkung der anderen zur vollen und gesetzmässigen Wirkung gelangen kann.

2) Seine *Contraction* schützt das Ohr dadurch, dass sie Aufnahme und Fortleitung der Schallschwingungen durch den Schallleitungsapparat erschwert. Die *Contraction* wird reflectorisch weitaus am häufigsten durch intensive Geräusche anscheinend besonderer Art, sehr viel seltener durch intensive höchste Töne hervorgerufen. Die besondere Art der Geräusche scheint darin zu liegen, dass durch sie im Sinne der Helmholtz'schen Theorie eine besonders grosse Zahl von Nervenendelementen gereizt wird, ihnen somit eine besonders erhebliche Reizstärke vermuthlich innewohnt.

In derselben Sitzung (19. Januar 1898) sprach Herr Wernicke:

Über Immunisirungsversuche bei der Bubonenpest.

Seitdem die Pest im Frühjahr 1894 angefangen hat von der einen ihrer alten Heimstätten aus im Süden von Centralchina sich wieder auszubreiten und in den folgenden Jahren an verschiedenen Theilen des südlichen Asiens und namentlich in Bombay in alter schrecklicher Weise aufgetreten ist, hat diese Krankheit, die man fast schon zu den vergessenen zählte, das Interesse der ganzen Welt aufs Neue erregt. Alle Staaten haben Abwehrmassnahmen vorgesehen, seitdem die Pest in dem grossen Welthandelsplatz wüthet, von wo die Gefahr einer Verschleppung nach überall hin so nahe gerückt ist. Als wesentliche Bereicherung unserer Kenntnisse über die Pest, welche seit ihrem neuen Aufflackern Gegenstand vielfacher Studien geworden ist, dürfen wir die Auffindung des Erregers der Bubonenpest durch Yersin und Kitasato betrachten. Es ist dies ein Gewinn, der für die Prophylaxe der Krankheit nicht hoch genug zu veranschlagen ist, da die neue Entdeckung uns in den Stand setzt, die ersten Fälle der etwa eingeschleppten Krankheit sicher zu erkennen und daher von Anfang an die nothwendigen

Verhütungsmassnahmen gegen eine Weiterverbreitung zu treffen. Bekanntlich hat man bald nach Entdeckung des Pestbacillus, namentlich im Institut Pasteur angefangen, die Principien der Blutserumtherapie bei Diphtherie und Tetanus auch auf die Pest zu übertragen und den Versuch gemacht, von grösseren Laboratoriumsthieren (Pferden), welche man gegen den Pestbacillus immunisirt hat, ein Serum zu gewinnen, welches als Heil- und Immunisirungsmittel zur Bekämpfung der Krankheit bei dem Menschen Anwendung finden sollte. Solche, namentlich von Yersin in seinem Laboratorium in Nha-Trang in Asien und im Institut Pasteur hergestellte Pestheilsera haben bei der jetzigen Pestepidemie in Asien Verwendung gefunden. Die Ansichten über die Wirksamkeit des Pestheilserums beim Menschen sind noch getheilt.

Dankenswerthe Gelegenheit, eigene ausführlichere Untersuchungen über den Erreger der Pest anzustellen, namentlich nach der Richtung hin, ob die Herstellung eines stark wirkenden Pestheilserums leicht und schnell möglich sei, wurde mir und meinem Assistenten Herrn Arndt von April vorigen Jahres ab bis Ende desselben dadurch gegeben, dass der Director des Hygienischen Instituts, Herr Geheimrath Behring, uns zwei Pestculturen zur Verfügung stellte. Die Culturen stammen aus dem Institut Pasteur in Paris. Die eine derselben war bezeichnet als Pest Bombay, die andere als Pest Paris. Eine dritte Cultur stellte uns die Liebenswürdigkeit des Herrn Dr. Kurth, Directors des bacteriologischen Instituts der Stadt Bremen, zur Verfügung, so dass Gelegenheit zu vergleichenden Untersuchungen gegeben war. Der Plan für die Immunisirungsarbeiten wurde von vornherein so festgelegt, dass der Versuch gemacht werden sollte, aus den Culturen des Pestbacillus ein specifisches und möglichst hochgradig giftiges Pesttoxin in grösserer Menge zu gewinnen, um mit demselben grössere Thiere zur Heilserumgewinnung in bekannter methodischer Art und Weise mit allmählich steigenden Dosen dieses Giftes zu behandeln und das Blut zur Antitoxingewinnung zu verwenden. Bei diesen Versuchen hat uns der bewährte Rath und die Unterstützung seitens des Herrn Geh. Raths Behring an keiner Stelle gefehlt, und hat Derselbe uns

auch bereitwilligst das nothwendige Thiermaterial an grossen Thieren zur Verfügung gestellt, wofür zu danken wir auch an dieser Stelle nicht verfehlen wollen. Die Immunisirung grösserer Thiere mit lebenden virulenten Culturen des Pestbacillus, wie eine solche bei den Versuchen am Institut Pasteur zur Heilserumgewinnung ausgeführt war, wurde von vornherein nicht in Aussicht genommen, weil einmal die mit lebenden Culturen unternommenen Immunisirungsversuche kein sicheres gleichmässiges Resultat geben, und dann die Verantwortung nicht getragen werden konnte, unsere Stadt Marburg der Gefahr einer ev. Pestinfection auszusetzen, da von grösseren, nicht mehr genügend zu controlirenden Thieren, welche mit lebenden Pestbacillen inficirt sind, die Erreger der Pest in die Umgebung nach aussen abgegeben werden. Mit Pestgift behandelte Thiere boten keinerlei Gefahr. Auch das war von vornherein klar, dass die Aussichten ein stark wirkendes Pestantitoxin zu erhalten nur gering seien, wenn die Herstellung eines stark wirksamen Pestgiftes, das bis dahin noch nicht bekannt war, etwa wie das der Diphtherie oder des Tetanus nicht gelänge.

Bevor an die Lösung dieser Aufgabe gegangen werden konnte, war es nothwendig, die Studien über die Morphologie und Biologie des Pestbacillus an der Hand unserer Culturen anzustellen, die in ihren Grundzügen im April vorigen Jahres durch die grundlegenden Arbeiten von Yersin und Kitasato bekannt waren und im Verlaufe unserer Arbeiten durch die bekannten neueren Veröffentlichungen von Abel, Wilm und die Arbeiten der verschiedenen Pestcommissionen, namentlich der deutschen in Bombay, bestätigt worden sind. Da die Untersuchung unserer Pestbacillen-Culturen Abweichendes von dem nunmehr Bekannten nicht ergeben hat, so wollen wir auch auf die Morphologie und Biologie des Pestbacillus nicht genauer eingehen. Unsere drei Culturen verhielten sich in biologischer Beziehung ziemlich gleich, nur schien die als Pest-Bombay bezeichnete Cultur im Thierexperiment bei Mäusen und Meer-schweinchen am virulentesten zu sein. Selbstredend wurden wegen der Gefahr der Verbreitung des Pestbacillus auch von inficirten kleinen Laboratoriumsthieren aus sowohl durch die

Dejectionen und von den Lungen aus, als auch durch parasitische Insecten, welche den Keim aus dem Blute der geimpften Versuchsthiere oder sonst aufnehmen und verschleppen können, mit den penibelsten Vorsichtsmassnahmen während der ganzen Untersuchungsdauer gearbeitet. Als ganz besonders unbequem empfanden wir in unserem sonnigen und heissen Laboratorium in den Sommermonaten die Belästigung durch die Fliegen, da für dieselben der eigenartige Geruch, den die Pestculturen aushauchen, eine ausserordentliche Anziehungskraft zu besitzen scheint. Denn regelmässig konnten wir beobachten, dass dieselben, wenn die Culturmassen von den Agarröhrchen zur Gewinnung der Bacillenmassen abgestrichen wurden, sich unausgesetzt bemühten auf diese Röhrchen zu gelangen. — Mäuse und Meerschweinchen wurden in hohen Glasgefässen gehalten, das Streumaterial (Holzwole, Torfmull) war entweder antiseptisch präparirt, oder am Boden der Glaskäfige befand sich eine Schicht Sublimatlösung, und die Thiere sassen darüber auf einem Drahtgeflecht. Die Käfige verschloss ein dichtmaschiges Drahtnetz, um den Fliegen den Zutritt zu verwehren. Von Formalin und Insectenpulver wurde ausgiebiger Gebrauch gemacht. Wenn ein Versuchsthier der Impfung erlegen war, so wurde der ganze Käfig mit Inhalt zunächst mit Sublimatlösung angefüllt, und das Thier einige Zeit in der Lösung belassen. Erst dann wurde die Section vorgenommen, welche gleichfalls mit äusserster Sorgfalt ausgeführt wurde. Nach beendeter Section wurden die Cadaver sofort in ein daneben stehendes Wasserbad mit kochendem Wasser geworfen und nach dem Durchkochen zusammen mit dem Futter und der Streu der Käfige verbrannt. Die mit Pestbacillen geimpften Thiere verblieben unter unserer Aufsicht im Laboratorium. Das ganze Laboratorium wurde häufig feucht mit Sublimatlösung aufgewischt. Culturegefässe, hgd. Tropfen etc. kamen in Sublimatlösung und wurden dann ausgekocht. — So haben wir nicht beobachtet, dass ein Laboratoriumsthier, geschweige denn ein Mensch mit Pest inficirt worden wäre. — Später, von Mitte Juli ab, hatten wir durch die Güte des Herrn Metschnikoff in Paris hergestelltes Pestheilserum zu ev. Immunisirungs- und Heilzwecken bei Menschen zur Verfügung gestellt erhalten

Das Heilserum liess bei seiner Prüfung im Experiment bei Meerschweinchen bei einer starken Infection sicher heilende oder immunisirende Wirkungen allerdings nicht hervortreten, es würde aber wahrscheinlich doch angewendet worden sein, wenn eine Infection beim Menschen unglücklicherweise erfolgt wäre, da berichtet wurde, dass auch im Thierexperiment nur schwach wirksames Pestheilserum bei erkrankten Menschen von Wirkung gewesen sei.

Von unsern Thierversuchen bei subcutaner Infection mit lebenden Pestbacillen wollen wir nur hervorheben, als bisher weniger bei der Beschreibung der Experimente betont, dass wir öfters Gelegenheit hatten, das Auftreten von Localisationen der Pesterkrankung in den Lungen von Mäusen und Meerschweinchen in der Art zu beobachten, dass etwa stecknadelkopfgrosse graue Herde im Lungengewebe bei der Section sich fanden, die von einer stärkeren Entzündungszone mit kleinen Blutergüssen umgeben war. In solchen Herden fanden sich dann zahllose Pestbacillen. Wir erklären uns das Auftreten solcher Herde als secundäre Infectionen, zum Theil vielleicht bedingt durch Einathmung von Pestbacillen. Weiterhin fiel es uns auf, dass Meerschweinchen und Mäuse, welche mit geringen Mengen von Pestbacillen geimpft waren und zwar mit solchen Culturen, die die volle Virulenz nicht hatten, oft erst nach Monaten zu Grunde gingen unter den Zeichen des höchsten Marasmus. Pestbacillen waren dann in den Cadavern auch culturell nicht mehr nachweisbar; nur zeigten sich in allen solchen Fällen die inguinalen und axillaren Lymphdrüsen bis zur Erbsengrösse geschwollen. In einem Falle fanden wir bei einer sechs Wochen zuvor mit Pestbacillen geimpften Maus eine kirschkerngrosse lymphoide Geschwulst die vergrösserten retroperitonealen Lymphdrüsen darstellend in der Bauchhöhle. Als pathognomonisch für den nahe bevorstehenden tödtlichen Ausgang der Pestinfection bei Mäusen konnten wir fast regelmässig eine starke, weissliche, eiterähnliche Secretion im Conjunctivalsack bei Mäusen constatiren verbunden mit Corneatrübungen. Pestbacillen konnten in diesem Secret nicht nachgewiesen werden. Auch bei Meerschweinchen fanden wir oft gegen das tödtliche Ende hin eine stark vermehrte Secretion von Thränenflüssigkeit, die auch dann zu be-

merken war, wenn wir nur Pestgift injicirt hatten. — Dass letzteres auch im Körper der mit Pestbacillen inficirten Meerschweinchen vorhanden ist, glauben wir durch folgende Beobachtung erhärten zu können: Bei einem Meerschweinchen, welches an einer Infection mit Pestbacillen von der Bauchhöhle aus zu Grunde gegangen war, fand sich bei der unmittelbar nach dem Tode vorgenommenen Section ein grosses, blutigseröses Pleuratrassudat. Mikroskopisch waren Pestbacillen nicht nachweisbar. Von diesem Trassudat erhielten zwei Mäuse, um festzustellen, ob diese Flüssigkeit vielleicht immunisirende Eigenschaften besässe, wie z. B. das Pleuratrassudat von Meerschweinchen bei Diphtherie, je 1 ccm. subcutan injicirt. Fast unmittelbar nach der Injection erschienen die Thiere schwer krank, sie sassen zu einer Kugel zusammengezogen mühsam athmend da und waren nach Verlauf einiger Stunden unter langdauernden Krämpfen zu Grunde gegangen. Der tödtliche Ausgang dürfte auf eine Intoxication und nicht auf eine Infection zurückzuführen und somit der Nachweis erbracht sein, dass die Pestbacillen im Körper der Versuchsthiere Gift bilden.

Ueber unsere weiteren orientirenden Versuche betreffend das Verhalten der Pestbacillen gegenüber chemischen und physikalischen Einflüssen können wir um so schneller hinweggehen, als unsere Resultate im Wesentlichen übereinstimmen mit den später veröffentlichten der deutschen Pestcommission und anderer Untersucher. Bei Beginn unserer Versuche im April und Mai, zu einer Zeit, wo diese Verhältnisse noch nicht genügend bekannt waren, war es für die Vornahme unserer Arbeiten mit dem Pestbacillus in gewisser Art und Weise beruhigend, dass die Widerstandsfähigkeit der Pestbacillen schädigenden Einflüssen gegenüber keine erhebliche ist. In unsern Versuchen sahen wir Pestbacillen enthalten in den Organen einer inficirten Maus in Concurrenz mit andern Bacterien sehr schnell ihre Virulenz und Wachsthumsfähigkeit verlieren. Im Blut und Organsaft von inficirten Mäusen, feucht oder trocken auf Leinwand gebracht, waren die Pestbacillen nach 2—8 Tagen nicht mehr nachweisbar; ebenso schienen dieselben in gleicher Zeit in Wasser zu Grunde gegangen zu sein, wenn man das Blut an Pest eingegangener Thiere in Wasser brachte. Auch in dem

Cadaver einer an Pest verendeten Maus, der mit Erde bedeckt war, konnte nach sechs Tagen der Pestkeim nicht mehr gefunden werden.

In dickeren Schichten aber glashart getrocknet blieben die Pestbacillen 10—14 Tage in einigen Exemplaren noch lebend und virulent, was wir in folgender Art gelegentlich beobachteten: [ob wir hier noch nicht näher bekannte Dauerformen vor uns gehabt haben, lassen wir dahingestellt]: Um festzustellen, ob aus 10—14 Tage lang im Brütschrank getrockneten Pestbacillenrasen von Agarculturen durch Centrifugirung nach vorherigem Zerpulvern der Bacillenmassen im Mörser und Verreibung mit Glycerinlösung vielleicht giftige specifische Toxine zu extrahiren seien, in derselben Art wie es Koch mit Tuberkelbacillen zur Gewinnung der neuen Tuberkulosegifte gethan hatte, beobachteten wir, dass selbst nach mehrmaligem Centrifugiren und Trocknen der Bacillenmassen mehrere mit diesen Extracten intraabdominell inficirte Thiere an Pestinfection zu Grunde gingen.

Schliesslich möchten wir noch von unsern culturellen Studien hervorheben, dass die Lebensdauer der Pestbacillen in flüssigen und festen Nährmedien eine sehr lange ist; denn wir konnten aus Kolben von Pestbouillonculturen noch nach fast vier Monaten des Wachstums lebensfähige und virulente Culturen herauszüchten. Auf Agar und Gelatine blieben Pestbacillen sechs Monate am Leben.

Bei den Versuchen, ein specifisches Pestgift aus den Pestculturen zu gewinnen, versuchten wir zunächst die Frage zu entscheiden, ob das Pestgift in den Bacillenleibern verbliebe, oder in den Flüssigkeiten enthalten sei.

Zu dem Zwecke wurden zunächst eine grössere Reihe von Bouillonkolben mit den verschiedenen uns zur Verfügung stehenden Culturen geimpft. Jüngere wie ältere Bouillonculturen wurden dann durch Porzellanfilter filtrirt, und das keimfreie Filtrat in anwendbarer Dosis durch subcutane Injection bei Meerschweinchen auf etwaige Giftigkeit geprüft: Eine Giftwirkung liess sich nicht erkennen.

Dann wurden in einer andern Versuchsreihe die Pestbacillen in den Pestbouillonculturen durch Chemicalien wie $\frac{1}{2}\%$ Carbol-

säure und Chloroform, oder durch Temperaturen von 60° sterilisirt. Mehrfach erreichten wir nicht eine sichere Sterilisirung der Bouillon-culturen durch eine einstündige Erwärmung auf 60°, und ebenso liess die Desinfectionswirkung des Chloroforms bei Anwendung von 2% Chloroform in 20 Stunden uns mehrfach im Stich, so dass wir mit solchen erhitzten oder durch Chloroform vermeintlich sterilisirten Culturen behandelte Thiere an einer Pestinfection verloren. Um diesen Ausgang zu vermeiden, erhitzten wir dann auf 65° und wandten 5% Chloroform an. — Die mit Carbol-säure oder Chloroform behandelten, oder auf 65° erhitzten Culturen liessen im Thierexperiment keinerlei Giftwirkung erkennen.

Da die Cultur-Flüssigkeiten in unsern ersten Experimenten specifische Gifte nicht zu enthalten schienen, so wurde der Versuch gemacht, aus den Bacillenleibern Gifte zu gewinnen. Die Ausbeute der Bacillenmassen aus flüssigen Culturen war zunächst so gering, dass wir, um nur einigermaßen grössere Mengen von Bacterienleibern zu erhalten, den Bacterienrasen von Agarculturen durch Abkratzen der Oberflächen gewannen.

Wie schon oben erwähnt, versuchten wir dann zunächst die abgekratzten Bacillenmassen durch Trocknen im Brutschrank und Exsiccator abzutödteten und durch Centrifugirung und Extraction mit Glycerinlösungen nach vorheriger Pulverisation specifische Gifte zu extrahiren. So erhielten wir Gifte, welche bei intraabdomineller Injection in der Dosis von 1:25000 Meer-schweinchengewicht die Thiere tödteten. Es zeigten die Thiere bei der Section eine heftige Entzündung der Organe der Bauchhöhle, fibrinöse Beschläge auf Leber, Milz und Darm. — Da das Trocknen und Centrifugiren der Pestbacillen dieselben aber nicht sicher abtödtete, so wurden in einer anderen Reihe von Experimenten die von 2–4tägigen Agarculturen gewonnenen Bacillenmassen durch Eintragen in Schalen mit absolutem Alkohol abgetödtet, darauf in Exsiccator getrocknet und pulverisirt, dann mit Kochsalz- oder Glycerinlösungen verrieben und extrahirt. Diese so gewonnenen Massen führten bei subcutaner Injection bei Meerschweinchen in der Dosis von 1:1500–3000 Körpergewicht in 24–48 Stunden den Tod herbei. Bald nach der Injection dieser Massen entstand in der Unterhaut an der Injectionsstelle

ein starkes Oedem, das sich über die ganze Unterseite des Leibes verbreitete und feste Consistenz annahm. Unter Temperaturerniedrigung, Athemnoth und Krämpfen gingen die Thiere dann rasch zu Grunde. Bei der Section fand sich in der Unterhaut eine enorme entzündliche Schwellung mit Schwartenbildung, die subcutanen Lymphdrüsen waren vergrössert, die innern Organe mit Blut überfüllt. Von der Bauchhöhle aus führten sehr viel kleinere Mengen dieser giftigen Bacillenmassen den Tod der Meerschweinchen herbei. Aus einer grösseren Menge von Bouillonkolben erhielten wir durch Decantiren der klaren Flüssigkeit und Centrifugiren des Bodensatzes eine kleine Menge von Bacillenkörpern, welche ebenso behandelt, wie eben beschrieben, bei subcutaner Injection Meerschweinchen in der Dosis von 1 : 10000 Körpergewicht in 24—48 Stunden tödteten.

Geringere Mengen dieses giftigen Bacillenpulverextractes erzeugten bei Meerschweinchen grosse zu Hautnecrosen führende Entzündungen der Haut und Uterhaut.

Bei Mäusen und Kaninchen erwies sich dieses giftige Bacillenpulver von sehr viel geringerer Giftigkeit, die Dosen auf das Körpergewicht der Thiere berechnet. Diese Thiere bekamen nach der subcutanen Injection nur umfangreiche, zur Necrosenbildung führende Entzündungen, von welchen die Thiere sich entweder erholten, oder an welchen sie nach mehr oder weniger langer Zeit an Erschöpfung durch langwierige Eiterung, oder durch Ansiedelung anderer Bakterien in den wunden Stellen zu Grunde gingen.

Die vorläufige Unmöglichkeit, aus Bouillonculturen grössere Mengen von Bacillenmassen zu gewinnen, da die Pestbacillen in den ersten Monaten unserer Versuche nur relativ spärlich in den Bouillonkolben wuchsen, und der Wunsch mit den von Agarculturen gewonnenen giftigen Bacillenmassen Immunisirungsversuche an grösseren Thieren anzustellen, um Heilserum ev. zu präpariren, bestimmten uns grössere Mengen von Bacillenmassen von Agarculturen zu präpariren. Wenn die Immunisirung eines grösseren Thieres in methodischer Art und Weise vorgenommen werden sollte, so musste eine grössere Menge eines Pestgiftes von bekannter Wirksamkeit vorhanden sein.

Zugleich hofften wir, dass grössere Thiere wie Ziegen, Ochsen und Pferde für unser Bacillenpestgift vielleicht recht hochgradig empfindlich wären.

Die Gewinnung solcher Bacillenmassen von Agarculturen in grösserer Menge stellte sich als ein höchst zeitraubendes und lästiges Verfahren dar, da zu einem einzigen Gramm trockner Bacillensubstanz der schleimige Rasen von 300 3—4 tägiger Pestagarculturen erforderlich war. Wir möchten an dieser Stelle bemerken, dass wir in verschiedenen Experimenten nicht die Beobachtung haben machen können, dass ein Unterschied in der Virulenz zwischen üppig und weniger üppig gewachsenen Agarculturen vorhanden war. — Schliesslich kamen wir zu einer grösseren Quantität von etwa 35 gr. trockner Bacillensubstanz. Als wir dieses giftige Bacillenpulver nun bei einem Ochsen, einem Pferd und einer Ziege in subcutaner Injection mit relativ kleinen Mengen anwandten, reagirten die Thiere zwar mit Temperatursteigerungen und vorübergehendem Kranksein auf die Injectionen, zugleich zeigten sich aber so starke locale entzündliche Processe, dass wir nothgedrungen von weiteren Injectionen Abstand nehmen mussten. Namentlich entstand bei dem Pferde, auf dessen Immenisirung wir grosse Hoffnung gesetzt hatten, eine etwa einen halben Quadratmeter grosse subcutane Eiterung, die mehrfache Incision für den Abfluss des Eiters erforderlich machte und eine monatelange Dauer bis zur Heilung beanspruchte. Diese Eiterungsprocesse mussten wir auf die Wirkung der injicirten todten Bacillenleiber zurückführen, deren vollkommene Extraction und Resorption im Thierkörper wir erwartet hatten. Wegen der unangenehmen Nebenwirkung der Eiterung nahmen wir dann Abstand, die Immunisirung der Thiere mit den giftigen Bacillenleibern weiter fortzusetzen.

Neben den Versuchen der Giftgewinnung aus Pestbacillenculturen von festen Nährböden wurden diejenigen unausgesetzt weitergeführt, welche zunächst darauf abzielten, in flüssigen Nährmedien ein reichliches Wachsthum der Pestbacillen zu erhalten. Die oben mitgetheilte Beobachtung, dass Pestgift in löslicher Form in dem Pleuratrasssudat eines an Pest verendeten Thieres vorhanden gewesen war, legte uns den Gedanken nahe,

dass vielleicht doch in flüssigen Nährmedien von den Bacterien, wenn vielleicht auch nur durch Extraction der Bacillenleiber der abgestorbenen Pestbacillen in den Culturflüssigkeiten ein Gift sich anhäufe, das vielleicht so labil sei, dass es durch Filtration, durch Carbolsäure, Chloroform oder Erhitzung auf 60° — 65° zerstört würde.

Durch schnelle Uebertragung von jungen Bouillonculturen in frische Bouillon mehrmals hintereinander gelang es zunächst ein üppiges Wachstum der Pestbacillen in der Bouilloncultur zu erhalten, welches sich namentlich als ein üppiges Oberflächenwachsthum mit Hautbildung documentirte. Durch Ueberimpfung solcher üppiggewachsenen Bouillonculturen, die sich auch als stark virulent erwiesen, in grössere Culturkolben erhielten wir auch hier ein üppiges Oberflächenwachsthum bei allgemeiner Trübung der Bouillon. Im Laufe einiger Wochen bildete sich dann ein fingerhoher, stärkerer, weisslicher Bodensatz, während die Culturflüssigkeit im Allgemeinen sich klärte und die Oberflächenhaut sich zu Boden senkte und sich wieder neu bildete. Die Oberflächenhaut ist glatt, grauweiss, fettig glänzend und bröckelig.

Es erforderte dann ein mehrere Monate dauerndes Experimentiren mit den verschiedensten flüssigen Nährmedien, um zu erfahren, welche Zusammensetzung der Bouillon das beste Wachsthum für die Pestbacillen gewährt. Es wurden Bouillonarten aus Fleisch und Fleischextract mit verschiedenen Zusätzen von Pepton, von Blut, Blutserum, von Traubenzucker und von Glycerin geprüft, weiterhin verschiedene Alcalescenz- und Säuregrade des Nährbodens durchgeprobt, auch die Wachsthumsverhältnisse bei 37° , 35° , 30° und Zimmertemperatur untersucht. — Es zeigte sich aus allen Versuchen, dass die Bouillon, welche durch das Auskochen des Fleisches erhalten wird, mit 1% Pepton- und $\frac{1}{2}$ % Kochsalzzusatz, und welche nach ihrer vollkommenen Neutralisirung einen Zusatz von 0,02—0,1 Normalnatronlauge erfahren hatte, den geeignetsten Nährboden für ein üppiges Wachsthum der Pestbacillen darstellte. Die Temperaturen von 35° und 37° ergaben ein schnelleres Wachsthum, als die von 30° oder die Zimmertemperatur, aber nach vielen Wochen war

bezüglich der Reichlichkeit des Wachstums bei den verschiedenen Temperaturen ein erheblicher Unterschied nicht mehr zu constatiren.

Wurden nun solche 8-12 Wochen alte Bouillonculturen mit 5% Chloroform, oder $\frac{1}{2}\%$ Carbolsäure behufs Abtödtung der Bacillen versetzt, oder zu dem gleichen Zwecke 1 Stunde auf 65° erhitzt und nun Mäusen und Meerschweinchen injicirt, so konnte man wie in den früheren Experimenten eine Giftwirkung nicht constatiren. Auch wenn solche Bouillonculturen mit der dreifachen Menge Alkohol versetzt wurden, so erwies sich der entstehende Niederschlag von keiner wesentlichen Giftwirkung. Der Alkoholniederschlag erzeugte bei Versuchsthieren nur Necrosen der Unterhaut.

Dagegen zeigte die klare Flüssigkeit der Bouillonculturen bei Mäusen eine erhebliche Giftwirkung, wenn die Culturen zum Zweck der Abtödtung der Bacillen mit 0,25% Formalin oder 5% Toluol versetzt wurden und mehrere Tage im Brütschrank oder bei Zimmertemperatur gestanden hatten, behufs Auslaugung der abgetödteten Bacillenleiber in der Flüssigkeit. Dann war die klare Flüssigkeit für Mäuse so giftig, dass 0,1 ccm genügte, um bei subcutaner Injection eine weisse Maus zu tödten. Ausser einer Blutüberfüllung der innern Organe war eine leichte Vergrösserung der subcutanen Lymphdrüsen zu constatiren.

Um das Gift aus solchen Bouillonculturen in fester Form zu gewinnen, wurden dieselben in bekannter Weise mit Ammoniumsulfat übersättigt. Der sich an der Oberfläche ausscheidende Niederschlag wurde auf Thontellern von der Flüssigkeit befreit und im Vacuumexsiccator getrocknet. Dieser Niederschlag war so giftig, dass auf das Gewicht berechnet 1 g genügte, um 40--72 000 g lebend — Mäusegewicht sicher zu tödten. $\frac{1}{4}$ mg tödtete eine Maus in weniger als 24 Stunden, 0,1 sofort nach der Injection, 0,01 in 6 Stunden, 0,005 in 10 Stunden. —

Solches Gift gelang es nun in grösserer Menge herzustellen, am besten aus mehrere Monate alten Culturen. Aus 14 tägigen Bouillonculturen erhielten wir kein Gift. —

Das für Mäuse so stark wirksame Gift, war für Meer-schweinchen unwirksam. Dosen von 0,2—0,4 g erzeugten nur Necrosen.

Das Gift ist übrigens ein sehr labiler Körper und nimmt schon bei der Conservirung in trockenem Zustande schnell und erheblich an Wirksamkeit ab. Carbolsäure, Chloroform und Alkohol, ebenso eine Erhitzung auf 65° schädigen das Gift.

Mit diesem Gifte stellten wir nun bei Ziegen Immunisirungsversuche an, um von diesen Thieren ein antitoxisches Serum zu erhalten. Die Ziegen reagirten schon auf relativ kleinen Dosen mit schnell ansteigendem und wieder abfallendem Fieber; an den Injectionsstellen bildeten sich nach kurzer Zeit wieder verschwindende Anschwellungen. Im Laufe von 4 Wochen erhielten die Thiere steigende Dosen dieses Giftes injicirt, deren letzte so gross waren, dass 40 000 Mäuse durch dieselben hätten getödtet werden können. Ungeachtet der längeren Behandlung mit diesen Giften ist es uns aber bisher nicht gelungen, von den Ziegen ein Blutserum zu erhalten, welches Mäusen injicirt sichere gift-immunisirende Wirkungen entfaltet hätte. Vielleicht wird dies möglich sein, wenn man dieses Gift noch stärker zu concentriren in der Lage sein wird, oder wenn es gelingen sollte, noch stärker giftige Culturen zu erzielen, oder wenn man die Thiere jahrelang mit grossen Giftmengen behandelt. So sind wir denn bezüglich der Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit, mit unsern Giften ein stark wirksames Pestheilserum zu erhalten, ziemlich sceptisch geworden, und beruht vielleicht die einzige Möglichkeit stark wirksames Serum zu erhalten darin, grosse Thiere mit lebenden und virulenten Pestculturen subcutan oder intravenös methodisch zu behandeln. Diese Methode, welche am Institut Pasteur befolgt worden ist, und ein Pestheilserum geliefert hat, welches im Thierexperiment und bei der Anwendung beim Menschen immunisirende und heilende Eigenschaften gezeigt haben soll, konnte von uns aber wie erwähnt, wegen der Gefahr der Pestverbreitung nicht in Anwendung gezogen werden.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

M a r b u r g.

N^{ro.} 2

Februar

1898

Die Sitzung vom 16. Februar 1898 eröffnete der z. Director der Gesellschaft, Herr Marchand, mit folgenden Gedächtnisworten:

Am 6. Februar d. J. starb zu Leipzig das Ehrenmitglied unserer Gesellschaft Rudolf Leuckart im 76. Jahre.

Leuckart wurde am 7. October 1822 zu Helmstädt geboren. Er studirte in Göttingen und habilitirte sich daselbst für Zoologie im Jahre 1847. 1850 wurde Leuckart als ausserordentlicher Professor nach Giessen berufen, wo er (seit 1855 als Ordinarius) bis 1870 wirkte, um dann den Lehrstuhl für Zoologie in Leipzig einzunehmen. Seit dem 13. December 1895, dem Tage seines 50jährigen Doctor-Jubiläums gehörte Leuckart unserer Gesellschaft als Ehrenmitglied an.

In diesem einfachen äusseren Rahmen liegt ein überaus reicher Inhalt wissenschaftlicher Arbeit, welche schon in jungen Jahren begann und ohne Unterbrechung bis zu den letzten Tagen seines Lebens andauerte. Leuckart war nicht nur als der Älteste unter den deutschen Zoologen allseitig verehrt, sondern er nahm auch nach seinen wissenschaftlichen Leistungen die erste Stelle ein.

Sein wissenschaftliches Arbeitsgebiet war sehr umfassend, und wo er eingriff, hat er Bleibendes geschaffen, denn alle

seine Untersuchungen zeichneten sich durch unübertroffene Gründlichkeit und grossen Scharfsinn, seine Darstellung durch Klarheit aus.

Schon aus dem Jahre 1845 datirt eine mit dem Preise gekrönte Arbeit des zweiundzwanzigjährigen „*De monstris eorumque causis et ortu*“, welche noch immer von Werth für uns ist; die damals begonnenen Untersuchungen hat Leuckart auch später in Giessen noch fortgesetzt. Rudolf Wagner betraute ihn mit der Vollendung der zweiten Auflage seines Lehrbuches der vergleichenden Anatomie (1845–1847). Von hervorragendem allgemeineren Interesse ist der reichhaltige Artikel Leuckart's über die Zeugung in R. Wagners Handwörterbuch (1853), ferner seine klassische mit Bergmann zusammen herausgegebene vergleichende Anatomie und Physiologie (1852) und die vergleichende Anatomie des Auges in dem Handbuch der Ophthalmologie von Graefe-Saemisch.

Auf Leuckart's zahlreiche speciell zoologische Arbeiten, welche ganz besonders für die vergleichende Morphologie und systematische Stellung der Echinodermen und Coelenteraten von grundlegender Bedeutung waren, einzugehen, ist mir als Nicht-Fachmann nicht möglich. Wohl aber kann ich nicht umhin, der höchst erfolgreichen Thätigkeit Leuckart's auf dem Gebiete der thierischen Parasiten besonders zu gedenken.

Hier hat Leuckart nicht für seine Fachwissenschaft, sondern auch für die Pathologie und die gesammte Medicin Grosses, ja Unübertroffenes geleistet, in dem er nicht blos die schwierig zu ermittelnden Organisationsverhältnisse sehr zahlreicher thierischer Parasiten aufklärte, sondern auch ganz besonders die weit mühevollere Erforschung der Biologie dieser Organismen in einer bis dahin unerreichten Weise förderte. Diese Untersuchungen sind in zahlreichen Einzelarbeiten (Über die Blasenbandwürmer, über *Pentastomum*, über *Trichina spiralis* und andere) und sodann in seinem berühmten Handbuch „die Parasiten des Menschen“ niedergelegt. Leider ist Leuckart die Vollendung der zweiten Auflage dieses Werkes nicht mehr vergönnt gewesen.

Leuckart zeichnete sich bis in sein hohes Alter durch eine aussergewöhnliche Lebhaftigkeit des Geistes aus; er war

einer der anregendsten Lehrer seines Faches, und hat eine grosse Anzahl dankbarer Schüler nicht nur in Deutschland, sondern auch im Ausland hinterlassen. Auch unsere Gesellschaft wird dem grossen Forscher und Lehrer der Zoologie ein ehrenvolles Andenken bewahren.

In derselben Sitzung (16. Februar 1898) sprach Herr Karl Schaum:

Über die Anwendung des Lehmann'schen Krystallisations-Mikroskops zur Entscheidung von Isomeriefragen.

Der Chemiker ist häufig vor die Aufgabe gestellt, die Art der Isomerie zweier Körper zu erforschen. Als isomer bezeichnet man solche Stoffe, welche bei gleicher chemischer Zusammensetzung verschiedenes Verhalten zeigen. Die Isomerie kann erstens durch Verschiedenheit der chemischen Einzelmolekel der betreffenden Körper bedingt sein, in diesem Falle liegt chemische Isomerie (Polymerie, Metamerie, Stereoisomerie) vor. Zweitens kann die Isomerie lediglich auf verschiedenem Energieinhalt beruhen, während die Einzelmolekel der Stoffe identisch sind, man nennt solche Körperformen physikalisch-isomer. Die physikalisch-isomeren Stoffe sind also Zustandsformen eines chemischen Individuums; es sind die Aggregatzustände desselben, welche sich bekanntlich unter Energieänderung (Wärmetönung) ineinander umwandeln lassen.

Besonderes Interesse bieten diejenigen Körper, welche mehrere krystallisierte Phasen besitzen; man bezeichnet sie als polymorph. Die Verschiedenheit der polymorphen Stoffe ist an den krystallisierten Zustand gebunden. Der Schnittpunkt der Dampfdruckkurven zweier polymorpher Formen A und B repräsentiert ihren Gleichgewichtspunkt, den sogenannten Umwandlungspunkt, welcher dem Schmelzpunkt völlig analog ist. Schneidet die Dampfdruckkurve der flüssigen Phase diejenigen der beiden krystallisierten Phasen oberhalb dieses Umwandlungspunktes, so zeigen die beiden Formen die Erscheinung der Enantiotropie, wie der von Mitscherlich in dieser Hinsicht

untersuchte Schwefel. Unterhalb des Umwandlungspunktes ist die Form A stabil, die Form B instabil, oberhalb desselben dreht sich das Verhältnis um. Verläuft jedoch die Dampfdruckkurve der flüssigen Phase unterhalb des Umwandlungspunktes, so erhält man die Erscheinung der Monotropie, wie an dem von Zincke untersuchten Benzophenon; ein Gleichgewichtspunkt lässt sich nicht erreichen; die eine Form repräsentiert stets einen instabilen Zustand. Der instabile Zustand einer krystallisierten Modifikation ist dem Zustand einer unterkühlten Flüssigkeit vollständig analog; bei Berührung mit einem Keim der stabilen Phase muss Umwandlung in diese erfolgen; dieselbe schreitet bei genügend hoher Temperatur mit grosser Geschwindigkeit vor; bei tiefen Temperaturen kann sie fast null werden und können dann polymorphe Formen lange Zeit in Berührung miteinander sein, ohne dass eine Umwandlung wahrzunehmen wäre (Kalkspath und Arragonit).

Da die Polymorphie an den krystallisierten Zustand gebunden ist, die Schmelzflüsse, Lösungen und Dämpfe polymorpher Formen also identisch sind, kann eine Form in diesen Zuständen der andern weiterwachsen, wenn sie in Bezug auf jene unterkühlt oder übersättigt sind.

Dieses Verhalten ist jedoch nicht für Polymorphie entscheidend, da auch gewisse chemisch-isomere Körper identische Schmelzflüsse, Lösungen und Dämpfe geben. Im allgemeinen sind diese Zustände für chemisch-isomere Stoffe wegen der Verschiedenheit der Einzelmolekel verschieden. Gewisse chemisch-isomere Körper vermögen jedoch sich wechselseitig ineinander umzuwandeln; es sind dies die sogenannten tautomeren Formen. Beim Schmelzen, Auflösen oder Verdampfen eines der beiden tautomeren Körper stellt sich ein Gleichgewichtszustand zwischen den beiden isomeren Molekelarten her und auf diese Weise werden jene Zustände chemisch-isomerer Stoffe identisch. Zur Herstellung des Gleichgewichtszustandes bedarf es bei manchen Körpern längerer Zeit; Temperaturerhöhung beschleunigt den Vorgang; bei andern Stoffen stellt sich jedoch schon bei Zimmertemperatur fast momentan das Gleichgewicht her. Diese Körper könnte man leicht als polymorph ansehen;

es existiert jedoch ein wesentlicher Unterschied: Die krystallisierten Modifikationen physikalisch-isomerer Stoffe sind (abgesehen vom Umwandlungspunkt) miteinander nicht im Gleichgewicht, und deshalb muss die instabile Form in Berührung mit der stabilen bei genügend hoher Temperatur sich in diese umwandeln. Tautomere Formen sind dagegen im krystallisierten Zustand indifferent gegeneinander; eine Umwandlung im absolut trockenen Zustand findet nicht statt; dagegen tritt eine solche bei Anwesenheit ganz geringer Spuren eines Lösungsmittels ein. Auf Grund der geschilderten Thatsachen ist es leicht, zwei isomere Stoffe der richtigen Isomeriegruppe einzureihen. Makroskopisch bieten solche Untersuchungen grosse Schwierigkeiten; vornehmlich ist die Umwandlung krystallisierter Formen mit blossen Auge häufig kaum zu beobachten. Mikroskopisch lassen sich jedoch alle Fortwachungs- und Umwandlungserscheinungen sehr genau verfolgen, besonders wenn man polarisiertes Licht anwendet; das verschiedene optische Verhalten isomerer Stoffe lässt dieselben leicht nebeneinander erkennen sowie ihre Umwandlung bequem beobachten. Ein vorzügliches Hilfsmittel für derartige Studien besitzen wir in dem *Lehmann'schen* Krystallisationsmikroskop, welches den grossen Vorzug besitzt, in einfacher Weise eine Erwärmung und Abkühlung des Präparates zu gestatten. Soll der Charakter der Isomerie zweier Körper festgestellt werden, so schmilzt man eine Probe der einen Substanz auf einem Objektträger, bedeckt den Schmelzfuss mit einem Deckglas und bringt das Präparat unter das Mikroskop. Man lässt sodann abkühlen und impft mit beiden isomeren Formen an zwei verschiedenen Stellen am Rand des Deckglases an. Wächst nur eine Modifikation im Schmelzfluss weiter, so sind die Körper chemisch-isomer. Wachsen beide Formen im Schmelzfluss weiter und bleiben an der Berührungszone auch bei höherer Temperatur (in der nächsten Nähe des Schmelzpunktes) indifferent gegeneinander, so liegt Tautomerie vor. Zehrt dagegen die eine Modifikation die andere entweder sofort nach der Berührung der beiden oder bei höherer Temperatur auf, so müssen wir die beiden Körper als physikalisch-isomer betrachten.

Mit Hilfe des *Lehmann'schen* Mikroskops konnte ich in der

angegebenen Weise entscheiden, dass die beiden Modifikationen des von Gattermann beschriebenen *m*-Nitro-*p*-Acettoluids tautomer sind. Optische und densimetrische Untersuchungen, welche ich an den Schmelzflüssen und Lösungen der beiden Formen anstellte, ergaben die Identität derselben; während dies auf physikalische Isomerie hindeutete, bewies die Unmöglichkeit der Umwandlung der beiden Formen im absolut trocknen Zustand die Zugehörigkeit derselben zur Tautomerie. Das Gleichgewicht stellt sich fast momentan beim Schmelzen oder Auflösen her. Man erkennt dies auch an der grossen Geschwindigkeit mit welcher sich die gelbe Form in die weisse umlagert, wenn sie mit Alkohol angefeuchtet ist und ein Krystall der weissen Modifikation dazugebracht wird.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei dem von Zincke und mir beschriebenen Hexachlorketodihydrobenzol. Schmilzt man die Substanz unter einem Deckglas und taucht das Präparat unter Quecksilber, so erhält man leicht zwei Formen, eine einfach- und eine stark doppelt-brechende, nebeneinander. Während dieselben bei Zimmertemperatur jahrelang sich fast indifferent gegeneinander verhalten und man hieraus den Schluss auf Tautomerie ziehen könnte, wird beim Erwärmen die doppelbrechende Form von der andern aufgezehrt; man ersieht hieraus, dass es sich um einen Fall von physikalischer Isomerie handelt.

Man ist, wie aus dem Gesagten hervorgeht, im stande, mit Hilfe des Lehmann'schen Krystallisationsmikroskops innerhalb kurzer Zeit und unter Anwendung ganz geringer Substanzmengen den Charakter der Isomerie zweier Körper zu erforschen, eine Aufgabe, welche sich auf makroskopischem Wege nur unter grossem Zeit- und Materialaufwand lösen lässt. Da das Lehmann'sche Mikroskop ausserdem zu einer sehr grossen Anzahl physikalischer und chemischer Untersuchungen mit Vorteil verwendbar ist, (man sehe darüber Lehmann's Molekularphysik und Krystallanalyse) so erweist es sich als ein äusserst nützliches Hilfsmittel für den Chemiker.

Die geschilderten Erscheinungen wurden vermittelt eines von Herrn Professor Kossel gütigst zur Verfügung gestellten Projektionsapparats demonstriert.

In der Sitzung vom 16. Februar 1898 wurden durch vorschriftsmässige Kugelung zu Gesellschaftsmitgliedern erwählt:

Dr. Erich Wernicke, Professor der Hygiene an hiesiger Universität, bisher ausserordentliches Mitglied, zum ordentlichen Mitglied;

Dann zu ausserordentlichen Mitgliedern:

Dr. med. Alfred Noll,	}	Assistenten am physiologischen Institut,
Dr. med. Friedrich Kutscher,		
Dr. med. Eugen Rost, Assistent am pharmakologischen Institut,		
Dr. phil. Karl Toenniges, Assistent am zoologischen Institut,		
Dr. phil. Johannes Meisenheimer.		

Von eingegangenen Schriften waren aufgelegt:

- Jahrbücher des nassauischen Vereins für Naturkunde. Jahrg. 50.
Wiesbaden 1897.
- Jahresbericht der naturforschenden Gesellschaft Graubündens.
N. F. X. 1. Chur 1897.
- Mittheilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark
Jahrg. 1896. Graz 1897.
- Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel. Bd. XI,
Heft 3. Basel 1897.
- Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher
Kenntnisse in Wien. Bd. XXXVII. Wien 1897.
- Verhandlungen der k. k. geolog. Reichsanstalt. 1897. Nr. 9 u. 10.
- Sitzungsberichte der medicinisch-naturwissenschaftl. Section des
siebenbürgischen Museumsvereins. Jahrg. XXII. Bd. XIX.
- Fauna, Jahrg. VI, 1896.
- Publications de l'Institut Grand-Ducal de Luxembourg. Tome XXV.
Luxembourg 1897.
81. Jahresbericht der naturforschenden Gesellschaft in Emden.
Emden 1897.
- Archives du Musée Teyler S. II, Vol. V, P. III. Haarlem 1897.
- Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam:
Verslagen Deel V.
Jaarboek 1896.
- Verhandelingen Deel II, Deel V, Nr. 3—8. Deel V, II, Nr.
4—10.
- Stavanger Museum 1896. Stavanger 1897.

Von Bergen's Museum:

- G. O. Sars. Vol. II., Part. VII u. VIII.
 Fauna Norvegiae. Bd. I. Christiania 1896.
 Norronaskaller af Barth. Christiania 1896.
 Annotationes Zoologicae Japonenses. Vol. I, P. III, Tokyo 1897.
 L'intermédiaire des Biologistes Nr. 1, 1897.
 Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales.
 Sydney 1897.
 Memoirs and Proceedings of the Manchester literary and philo-
 sophical Society. Vol. 41, Part. IV. Manchester 1897.
 Transactions of the Academy of Sciences of St. Louis Vol VII,
 Nr. 4—16. St. Louis 1895/96.
 Proceedings of the Davenport Academy of Natural Sciences
 Vol. VI. Davenport 1897.
 Memoirs of the Museum of comparative Zoology at Harvard
 College. Vol. XIX, Nr. 2. Cambridge 1896.
 Bulletin of the Museum of comparative Zoology at Harvard
 College. Vol. XXXI, Nr. 2, 3, 4.
 Langley, Memoir of George Brown Goode. Washington 1897.
 Departement of Agriculture:
 Yearbook 1896 (3 Exempl.).
 North American Fauna Nr. 13 (2 Exempl.).
 American Naturalist. Vol. XXXI, Nr. 360—370. Philadelphia 1897.
 Informe de Museo Nacional de Costa Rica. San José 1896—97.
 Museo Nacional de Buenos Aires:
 Memoria 1894, 95, 96.
 Anales Tom. V. Buenos Aires 1896/97.
 Boletin de la Academia Nacional de Ciencias en Cordoba
 Tom. XV. Entr. 2 u. 3. Buenos Aires 1897.
 Rendiconto dell' Accademia delle Scienze fisiche e matematiche.
 Ser. 3, Vol. III, fasc. 7—10 Napoli 1897.
 Atti della R. Accademia dei Lincei. Anno 294. Rendiconti:
 Vol. VI, fasc. 2—9. Roma 1897.
 Atti e Rendiconti della Accademia Medico-Chirurgica di Perugia.
 Vol. IX, fasc. 2. Perugia 1897.
 Bulletin de la Société impériale des Naturalistes de Moscou
 1896, Nr. 4, 1897, Nr. 1. Moscou 1897.
 Bulletin de l'Académie impériale des Sciences de St. Petersburg.
 Ser. V, Tom. V, Nr. 3—5. Tom. VI, Nr. 4 u. 5. Tom. VII,
 Nr. 1. St. Petersburg 1896/97.
 14th Report of the Bureau of Ethnology. Part. I and II, 15th
 Report Part. I. Washington 1897.
 State Museum Report of the University of the State of New York.
 48, 1, 2, 3 Albany 1895.
-

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

M a r b u r g.

N^{ro.} 3

März

1898

In der wissenschaftlichen Sitzung vom 16. März 1898 hielt Herr A. Kossel einen Vortrag:

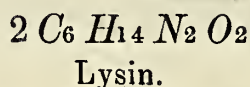
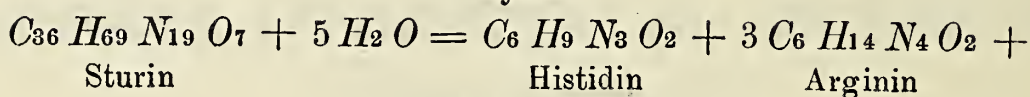
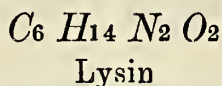
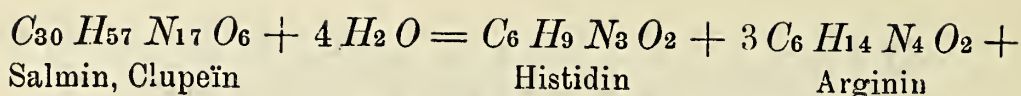
Weitere Untersuchungen über die Protamine.¹⁾

1) Das aus den Spermatozoen des Lachses dargestellte Protamin (Salmin) besitzt die gleiche Zusammensetzung, wie das Clupein, welches aus Heringssperma dargestellt ist und ist höchst wahrscheinlich mit ihm identisch. Beide entsprechen der Formel ($C_{30} H_{57} N_{17} O_6$). Die Analysen früherer Forscher, besonders diejenigen Piccards, lassen sich mit dieser Formel in Einklang bringen.

2) Die Analysen des Sturins (aus den Spermatozoen des Störs) führen zu der Formel ($C_{36} H_{69} N_{19} O_7$). Das Sturin besitzt andere Eigenschaften als das Salmin resp. Clupein.

3) Erhitzt man die Protamine mit verdünnter Schwefelsäure, so tritt vollständige Spaltung in die Basen (Hexone) ein. Diese sind Histidin, Arginin und Lysin. Der Vortragende hat eine Methode ausgearbeitet, um diese Basen annähernd zu trennen und mit Hülfe derselben gefunden, dass die Spaltung folgendermassen vor sich geht:

1) Siehe auch Sitzung vom 14. Juli 1897. Die ausführliche Mittheilung erfolgt demnächst in „Hoppe-Seyler's Zeitschrift für physiologische Chemie“.



4) Die Protamine, welche nach früheren Erörterungen (l. c.) als die einfachsten Eiweisskörper aufzufassen sind, sind in mancher Hinsicht den höheren Polysacchariden analog. Wie diese letztere durch das Zwischenstadium der Dextrine hindurch in einfache Hexosen zerfallen, so bilden sich aus den Protaminen zunächst die Protone (Protaminpeptide) und endlich die Hexone. Ein Ferment, welches diese Spaltung analog der Diastase auszuführen vermag, ist das Trypsin. —

In derselben Sitzung (16. März 1898) sprach Herr E. R o s t:

Zur Kenntnis der Schicksale der Gerbsäure im tierischen Organismus.

Unter den im Harn nach innerlich verabreichter Gerbsäure auftretenden Umwandlungsprodukten hat man gepaarte Schwefelsäuren bis jetzt nicht nachweisen können. Baumann und Herter¹⁾, die bei ihrer umfangreichen, quantitativen Untersuchung über das Verhalten aromatischer Substanzen im Tierkörper auch die Gerbsäure bezüglich der Paarung mit Schwefelsäure untersuchten, fanden in dem Harn eines Hundes, dem sie 1,5 g Tannin in den Magen gegeben hatten, die Ätherschwefelsäuren gegenüber der Norm nicht vermehrt, ebenso Rovighi²⁾ bei einem an Enteroperitonitis leidenden Patienten nach Klystieren von 10 bis 20 g Tannin.

1) Über die Synthese von Aetherschwefelsäuren und das Verhalten einiger aromatischen Substanzen im Tierkörper. Z. f. physiol. Chemie I (1877).

2) Die Aetherschwefelsäuren im Harn. Z. f. physiol. Chemie XVI. (1892).

Nach diesem Resultat schien die Frage nach der Ausscheidung des Tannins als gepaarte Verbindung in verneinendem Sinne gelöst zu sein; so erklärt z. B. M. Mosse¹⁾ in seiner Arbeit über die Mengen der Ätherschwefelsäuren im Harn nach Eingabe der Gerbsäurepräparate Tannigen und Tannalbin eine Vermehrung oder Verminderung der gepaarten Schwefelsäuren im Harn als direkte Folge einer grösseren oder geringeren Eiweissfäulnis im Darm, ohne in Zweifel zu ziehen, ob nicht diese Körper selbst einen Paarling der Ätherschwefelsäuren abgeben könnten.

Der Umstand nun, dass in Spickenbooms²⁾ und meinen³⁾ früheren im hiesigen Pharmakologischen Institut auf Anregung des Herrn Prof. Meyer angestellten Versuchen über die Ausscheidung der Gerbsäure sich unter den Endprodukten im Harn niemals Tannin und nur eine kleine Menge von Gallussäure und anderer durch eigentümliche Farbenreaktionen gekennzeichneten Körper hatte finden lassen, veranlasste mich noch einmal die Untersuchung der quantitativen Verhältnisse der gepaarten Schwefelsäuren im Harn nach Gerbsäurefütterung aufzunehmen.

Hatten sich Baumann und Hertter darauf beschränkt, in einem einzigen Versuche die nach einmaliger Fütterung von Gerbsäure an dem Versuchstage ausgeschiedene Menge gepaarter Schwefelsäuren mit der durchschnittlichen Quantität der bei Hunden sonst auftretenden zu vergleichen, so wurde in meinen Versuchen bei einem während 25 Tagen gleichmässig (mit Fleisch) gefütterten Hunde zunächst in einer Vorversuchsperiode von sieben Tagen die bei dem Tiere normal auftretende Menge gepaarter Schwefelsäuren bestimmt; diese verfolgte ich dann unter dem Einfluss von freier oder mit Soda neutralisierter

1) Die Ätherschwefelsäuren im Harn unter dem Einfluss einiger Arzneimittel. Z. f. physiol. Chemie XXIII (1897).

2) Über die Schicksale der Gerbsäure und des Tannigen im Tierkörper. Diss. Marburg 1896.

3) Rost, Über die Ausscheidung der Gerbsäure u. s. w. Arch. f. exp. Path. XXXVIII (1897).

Gerbsäure sowie von Gallussäure. Eine Nachversuchsperiode erschien überflüssig, da eine neue Versuchsreihe nicht eher begonnen wurde, als bis die gesteigerten Tagesmengen der gepaarten Schwefelsäuren wieder den normalen Wert erreicht hatten.

Die quantitative Bestimmung der freien und der gepaarten Schwefelsäure geschah nach der bekannten Baumann'schen¹⁾ Vorschrift, und zwar wurden mit Ausnahme des 2., 21. und 22. Tags je 100 ccm in Doppelbestimmungen verarbeitet. Es bewährte sich, zur Sprengung der Ätherschwefelsäure mit Salzsäure die Flüssigkeit bis zum Ausfallen des Chlorbariums zu kochen und dies wieder in Wasser zu lösen, da häufig erst jetzt das schwefelsaure Barium ausfiel.

Genannte Körper wurden in wässriger Lösung in den Magen injiziert. Zur sicheren Abgrenzung der einzelnen Tagesmengen wurde am Ende jedes Tages die Blase des Versuchstiers durch Katheterisieren entleert.

Es sei noch bemerkt, dass nach Eingabe der erwähnten Substanzen der Harn beim Stehen gewöhnlich seine normale Farbe verlor und mehr oder weniger nachdunkelte. Die geringeren oder grösseren Tagesmengen des Harns hielten aber keineswegs mit dem Steigen oder Fallen des spezifischen Gewichtes Schritt, weswegen die entsprechenden Zahlen, die zwischen 1017 und 1039 schwankten, hier weggelassen sind.

1) Über die Bestimmung der Schwefelsäure im Harn. Z. f. physiol. Chemie I (1877).

	Reihenfolged. Tage	Menge des Harns in ccm	Menge der freien Schwefelsäure als SO_4 (A)			Menge der gepaarten Schwefelsäuren als SO_4 (B)			Ver- hält- nis- zahl $\frac{B}{A}$
			in 100 ccm Harn in g	Mit- tel- zahl in %	im Tages- harn in g	in 100 ccm Harn in g	Mit- tel- zahl in %	im Tages- harn in g	
7 Vor- ver- suchs- tage.	1.	490	0,2246 0,2250	0,23	1,102	Spuren	—	—	0
	2.	590	in 150ccm 0,4362 0,4447	0,29	1,734	0,0064 0,0064	0,004	0,024	0,01
	3.	530	0,3552 0,3565	0,36	1,886	0,0136	0,014	0,074	0,04
	4.	540	0,3431 0,3464	0,35	1,861	—	—	—	0
	5.	410	0,3766 0,3775	0,38	1,546	0,0100 0,0110	0,010	0,041	0,03
	6.	510	0,3625 0,3652	0,36	1,856	0,0121 0,0129	0,012	0,061	0,03
	7.	400	0,3899 0,3855	0,38	1,551	—	—	—	0

total: 0,200

Der Hund erhält am Ende des 7. Tages 5 g Tannin
in den Magen.

7 Tage.	8.	320	0,3283 0,3292	0,33	1,053	0,0203 0,0200	0,02	0,064	0,06
	9.	410	0,3954 0,3962	0,39	1,623	0,1440 0,1449	0,14	0,59	0,36
	10.	385	0,4422 0,4517	0,45	1,721	0,1017 0,1007	0,10	0,385	0,22
	11.	510	0,3859 0,3874	0,39	1,972	0,0389 0,0395	0,04	0,199	0,10
	12.	480	0,3904 0,3888	0,39	1,872	0,0198 0,0204	0,02	0,096	0,05
	13.	380	0,4331 0,4345	0,43	1,640	0,0197 0,0190	0,02	0,074	0,04
	14.	420	0,4414 0,4334	0,44	1,835	0,0171 0,0161	0,02	0,069	0,04

total: 1,473

	Reihenfolged.Tage	Menge des Harns in ccm	Menge der freien Schwefelsäure als SO ₄ (A)			Menge der gepaarten Schwefelsäuren als SO ₄ (B)			Ver- hält- nis- zahl $\frac{B}{A}$
			in 100 ccm Harn in g	Mit- tel- zahl in %	im Tages- harn in g	in 100 ccm Harn in g	Mit- tel- zahl in %	im Tages- harn in g	
			Der Hund erhält am Ende des 14. Tages 5 g Gallus- säure in den Magen.						
5 Tage.	15.	340	0,3908 0,3888	0,39	1,326	0,0681 0,0667	0,07	0,229	0,17
	16.	380	0,4657 0,4665	0,47	1,771	0,0637 0,0653	0,06	0,243	0,14
	17.	680	0,2346 0,2338	0,23	1,592	0,0168 0,0150	0,02	0,111	0,06
	18.	420	0,3562 0,3525	0,36	1,49	0,0150 0,0138	0,01	0,065	0,04
	19.	470	0,3480 0,3468	0,35	1,645	Spuren	—	—	0
			total: 0,648						
			Der Hund erhält am Ende des 19. Tages 5 g Tannin in den Magen.						
6 Tage.	20.	210	0,2814 0,2619	0,27	0,567	0,3253 0,3208	0,32	0,670	1,1
	21.	105	50 ccm 0,0535 0,0560	0,11	0,115	0,0391 0,0403	0,08	0,084	0,7
	22.	75	20 ccm 0,0637 0,0653	0,32	0,24	0,0253 0,0263	0,13	0,098	0,4
	23.	620	0,4045 0,4036	0,40	2,48	0,0326 0,0376	0,03	0,217	0,09
	24.	360	0,5164 0,5176	0,52	1,87	0,0303 0,0316	0,03	0,112	0,06
	25.	530	0,4826 0,4834	0,48	2,544	0,0116 0,0115	0,01	0,061	0,02
			total: 1,242						

Während also in der Normalperiode die Menge der gepaarten Schwefelsäuren nicht über **0,07 g** beträgt, steigt sie nach Fütterung von freier Gerbsäure auf **0,67 g**, von mit Soda neutralisierter Gerbsäure auf **0,59 g**, von Gallussäure auf **0,24 g** an.

Das Verhältnis der gepaarten zu der freien Schwefelsäure $\frac{B}{A}$ wächst von dem höchsten normalen Wert (**0,04**) nach Applikation von Gallussäure auf **0,17**, von gerbsaurem Natrium auf **0,36**, von Gerbsäure auf **1,1**, so dass hier die absolute Menge der gepaarten Schwefelsäure grösser ist als die der freien.

Die pro Tag ausgeschiedenen Mengen der gepaarten Schwefelsäuren steigen nun nicht immer sofort auf den höchsten Wert. So übertrifft nach Eingabe der Gallussäure die Zahl am zweiten Tage noch um ein wenig den Wert am ersten Tag, nach Fütterung des Alkalitannats bleibt die Menge der gepaarten Schwefelsäuren am ersten Tag sogar noch normal, um erst am zweiten Tag den höchsten Betrag zu erreichen. Dieser Befund dürfte vielleicht zur Erklärung des nur über einen Tag ausgedehnten Baumann-Herterschen Versuchs herangezogen werden.

Unterdessen haben unsere früheren Resultate, dass nämlich Gerbsäure bei keiner der von uns angewandten Tierart und bei den geübten Applikationsweisen in den Harn ausgeschieden werde, durch Stockman (Glasgow)¹⁾ eine Entgegnung erfahren. Er hält auf Grund zweier neuen Versuche mit Verfütterung von Gerbsäure an Kaninchen seine 1886 mitgeteilten Untersuchungsergebnisse²⁾, denen wir unsere Versuchsergebnisse entgegengestellt hatten, in vollem Umfang aufrecht. Nach ihm soll beim Kaninchen nach Eingabe von Tannin, wie schon vor ihm Lewin behauptet hatte, beim Hund und Menschen dagegen in der Regel nur nach Alkalitannat, Gerbsäure in den Harn

1) Über die Ausscheidung der Gerbsäure im Harn. Arch. f. exp. Path. XL (1897).

2) British Medical Journal 1886. Vol. II.

übergehen. Auch Harnack¹⁾ und Schorn²⁾ führen allerdings nur einen einzigen Versuch am Hund mit Verfütterung von Alkalitannat an, wo sie Gerbsäure im Harn nachgewiesen haben. Sie extrahierten den Harn mit Essigäther und fanden in dem mit Wasser aufgenommenen verdunsteten Essigätherextrakt auf Zusatz von Leim eine leichte Trübung. Nach Eingabe freier Gerbsäure konnten sie im Harn von Menschen und Hunden kein Tannin auffinden.

Die nun von mir vorgenommene Nachprüfung unsrer Versuche geschah mit Befolgung aller von Stockman auch brieflich freundlichst mitgeteilten Einzelheiten der Methode.

Ich gab einer Versuchsperson bei gewöhnlicher Kost dreimal täglich 2 g Alkalitannat, zwei mit Fleisch gefütterten Hunden während vieler Tage 3 bis 6 g Alkalitannat täglich, zwei Kaninchen, die seit längerer Zeit mit Hafer gefüttert waren, Gerbsäurelösung zu wiederholten Malen: niemals konnte ich auch nur eine Spur von Gerbsäure im Harn der Versuchstiere nachweisen.

Der frisch gelassene oder mit dem Katheter der Blase entnommene Harn wurde über festes Kochsalz und konzentrierte Kochsalzlösung geschichtet und stehen gelassen. Stets schied sich ein bräunlicher, flockiger Niederschlag aus, der nach dem Abhebern der Flüssigkeit abgehoben und teils nach dem Trocknen auf einer Thonplatte auf seine Färbbarkeit mit Eisenchlorid (die bekannte Tintenfärbung) untersucht, teils mit Essigäther ausgeschüttelt wurde. Den Rückstand des verdunsteten Essigäthers löste ich in wenig Wasser und prüfte auf die Identitätsreaktionen der Gerbsäure (Fällung mit Leim, globulinfreier Eiereiweisslösung, Carpenis Reagens). In allen Versuchen fielen diese Reaktionen für Gerbsäure negativ aus, ja der durch Aussalzen ausgefällte Niederschlag färbte sich nicht einmal mit Eisenchlorid schwarz. Hiernach wäre es jedenfalls voreilig, einen solchen

1) Z. f. phys. Chemie 24 (1897).

2) Diss. Halle 1897.

durch Aussalzen im Harn nach Gerbsäurefütterung entstehenden flockigen Niederschlag¹⁾ von vorne herein als Gerbsäure anzusprechen, vor allem da in Kontrollversuchen mit normalem Harn beim Aussalzen auch häufig ein geringer, meist allerdings nur schwach gelb gefärbter Niederschlag entstand.

Endlich wiederholte ich unsre früheren Versuche an Kaninchen, deren Harn sauer reagierte, mit Einführung von Gerbsäure in das Unterhautzellgewebe oder direkt in die venöse Blutbahn. Die subcutane Einverleibung von 2 g Alkalitannat führte bei einem Kaninchen von 2200 g nach ungefähr 12 Stunden zum Tode, ohne dass Harn entleert worden war. In der Blase fanden sich bei der Sektion ca. 15 ccm gelatinösen Harns, der zwar intensive Tintenfärbung zeigte, aber keine Gerbsäure enthielt. Die Blasenwand, die Niere und die Leber auf dem Schnitt färbten sich, mit Eisenchlorid betupft, schwarz. Bei drei anderen Kaninchen untersuchte ich den aus einer Blaskanüle tropfenden Harn nach Einleitung einer Salzdiurese unter dem Einfluss von 0,1 bis 0,2 g mit Soda alkalisch gemachter Gerbsäure, die in die Vene in ganz langsamem Strom einlief. Der während der Versuchsdauer von circa 2 Stunden ausgeschiedene Harn zeigte keine ausgesprochene Dunkelfärbung auf einem mit Eisenchlorid getränkten Thonteller, und war sicher frei von Gerbsäure*). Wiederum färbte Eisenchlorid die innere Blasenwand, Leber, Milz und Nierenschnitte blauschwarz. Das Blutserum dieser Tiere reagierte auf Eisenchlorid mit Dunkelfärbung.

In diesen Kontrollversuchen konnten wir also die früher von uns ausgesprochene Ansicht nur bestätigen, die mit den Versuchsergebnissen Lewins, der sowohl bei subcutaner als auch intravenöser Injektion Gerbsäure im Harn von Kaninchen ge-

1) Auch Bauer fand in Harnen, die frei von Gerbsäure waren, diesen Niederschlag.

*) in gleicher Weise der in den nächsten Stunden nach der Operation entleerte Harn. Die 3 Tiere starben alle 1 bis 2 Stunden nach beendeter Operation unter den Erscheinungen einer Narkose.

funden haben will, nicht im Einklang steht, wohl aber mit denen Bauers ¹⁾ harmoniert, der bei Hunden und Katzen intravenös beigebrachte Gerbsäure im Harn nicht nachweisen konnte.

Der auffällige Unterschied meiner Versuchsergebnisse von denen Stockmans und Harnacks gab mir Veranlassung, die Schärfe der einzelnen Methoden des Gerbsäurenachweises in wässerigen Lösungen und im Harn zu prüfen.

Methodische Versuche.

Die Lösung der Gerbsäure wurde in Spitzgläsern mit dem betreffenden Reagens versetzt und stehen gelassen. In allen zweifelhaften Proben, wenn bei starker Verdünnung eine Ausfällung der zugesetzten Gerbsäure nicht sicher zu konstatieren war, wurde filtriert und Filtrat sowie Filtrerrückstand mit Eisenchlorid geprüft. Nur dann, wenn das Filtrat frei von eisenbläuender Substanz war und das Filter nach dem Betupfen mit Eisenchloridlösung blau oder schwarz sich färbende Partikelchen aufwies, wurde die Reaktion noch als positiv angesehen. Bei der Methode, Gerbsäure auszusalzen, filtrierte ich ebenfalls; teils untersuchte ich den gesamten Filtrerrückstand auf seine Färbung mit Eisen, teils nahm ich ihn in Essigäther auf und prüfte nach dem Verdunsten desselben auf Gerbsäure.

Nach den in mehrfachen Reihen ausgeführten Versuchen konnte in wässerigen Lösungen zugesetzte Gerbsäure nachgewiesen werden:

durch Aussalzen (nach L o e w e) circa in der Verdünnung 1 : 60 000

durch Fällern mit Leim circa	}	1 : 500 000
» Fällern mit Eiweiss circa		
» Fällern mit Carpenis Reagens circa		

Für die Prüfung des Gerbsäuregehalts im Harn ergab sich zunächst eine unerwartete Schwierigkeit, nämlich die Thatsache, dass Gerbsäure nicht nur in alkalischem Harn wegen der Erdalkalien, sondern auch in saurem normalen Harn sowohl von Menschen wie von Hunden, Katzen, Kaninchen einen unlöslichen

1) Diss. Dorpat 1896 (unter Koberts Leitung).

Niederschlag erzeugt und zwar noch in der Verdünnung 1 : 100 000 im menschlichen Harn.

Der zunächst noch unbekannte die Gerbsäure bindende Körper musste aus dem normalen Harn erst entfernt werden, um letzteren dann zu quantitativen Versuchen benutzen zu können. Es geschah dies durch Fällen des menschlichen Harns mit etwas überschüssiger Gerbsäure, Versetzen des Filtrats mit genügend ammoniakalischer Magnesiumsulfatlösung, wodurch alle Gerbsäure niedergeschlagen wurde, Vertreiben des überschüssigen Ammoniaks und Ansäuern zur normalen sauren Reaktion. Dieser präparierte Harn wurde durch Gerbsäure nicht getrübt, ebenso wenig durch frische Leim- oder Eiweisslösung.

In diesem Harn liess sich zugesetzte Gerbsäure nachweisen:
durch Aussalzen circa in der Verdünnung 1 : 70 000

- » Fällen mit Leim circa 1 : 500 000
- » Fällen mit Eiweiss circa 1 : 500 000
- » Fällen mit Carpeni circa 1 : 1000 000

Aus diesen Beobachtungen scheint mir hervorzugehen,

1) dass Tannin oder Alkalitannat im Harn sich sicherer durch Leim- oder Eiweissfällung als durch das Loewesche Aussalzverfahren nachweisen lässt, und, wenn daher Harn auf direkte Prüfung mit Leim oder Eiweiss nicht Tannin anzeigt, auch von der Methode des Aussalzens nichts zu erwarten ist;

2) dass es kaum zu verstehen ist, wie im klaren, nach Tannindarreicherung entleerten Harn Gerbsäure gelöst oder nachweisbar sein soll, wenn ein Zusatz von so geringen Mengen Tannin, wie sie jedenfalls durch die Methode des Aussalzens nicht mehr sicher nachgewiesen werden können, alsbald ein unlösliches, sämtliches Tannin bindendes Präzipitat im Harn erzeugt. Dieser Niederschlag durch Zusatz von Gerbsäure tritt nun auch im Harn von Hunden ein, denen gerbsaures Natrium eingegeben war und deren Harn nach den anderen Autoren Gerbsäure hätte enthalten sollen. In ihm ist also jener die Gerbsäure bindende Körper nicht etwa schon ausgefällt, sondern ebenfalls noch vorhanden.

Wenn es sich trotzdem in den Versuchen Andrer um Auf-
findung von Tannin im Harn handelt, so könnte man daran
denken, dass der Harn beim Entleeren über Kot geflossen wäre
und dabei etwas Tannin ausgelaugt hätte. Ich habe wenigstens
jetzt beim Hund nach fortgesetzter Fütterung grosser Mengen
Gerbsäure (3—6 g) häufig unverändertes Tannin in nicht un-
beträchtlichen Mengen im Kot gefunden. Da nun aber Harnack
die Unmöglichkeit der Verunreinigung des Harns mit Kot in
seinen Versuchen ausdrücklich betont und Stockman den Harn
durch Katheterisieren entleert hat, so bleibt nichts übrig als —
wie es auch Harnack thut — auf individuelle Verschieden-
heiten in den Resorptionsverhältnissen und die verschiedene
Schnelligkeit und Vollständigkeit der Verseifung des Tannins zu
gallussaurem Natrium im Darmkanal hinzuweisen.

In derselben Sitzung (16. März 1898) führte Herr A. Kossel
einen **Vorlesungsversuch** vor, um die Pepsinverdauung mit
Hülfe der Projection zu demonstrieren.

Der Vortragende verwendet zwei neben einander stehende
Glaskästchen mit planparallelen Wandungen, ähnlich den
„Hämatinometern.“ In eines dieser Kästchen bringt man
Pepsinsalzsäure, in das zweite Salzsäure allein, in jedes wird
eine mit Carmin gefärbte Fibrinflocke gehängt. Der Inhalt
beider Kästchen erscheint zugleich im Projectionsfeld. Die Ver-
dauung in der pepsinhaltigen Flüssigkeit führt in einigen
Minuten zum Verschwinden der Fibrinflocke in dem einen
Gefäss, zugleich zeigen rothe Schlieren in der Flüssigkeit den
Uebergang der Verdauungsproducte in die Lösung an. —

In der Sitzung vom 16. März wurde der Privatdocent für
Chemie an hiesiger Universität: Herr Dr. phil. Johannes
Gadamer durch vorschriftsmässige Kugelung zum ausserordent-
lichen Mitglied der Gesellschaft gewählt.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

M a r b u r g.

N^{ro.} 4

Mai

1898

In der wissenschaftlicher Sitzung vom 18. Mai 1898 berichtete Herr Professor F. Melde:

Ueber einen Ersatz für Stimmgabeln zur Erzeugung sehr hoher Töne.

1. Wenn man zur Erzeugung sehr hoher Töne die Stimmgabel durch einen anders geformten festen Körper, der sich bequem in Schwingung bringen lässt, ersetzen kann, so wird ein solcher Körper willkommen geheissen werden. Weiter beschäftigt mit der von mir erfundenen »Resonanzmethode«¹⁾ zur Feststellung der Schwingungszahlen hoher Töne habe ich gefunden, dass hierbei in ausgezeichnete Weise insbesondere quadratische Platten, mit kürzerer Seitenlänge und grösserer Dicke wie gewöhnlich, die entsprechenden Stimmgabeln ersetzen können.

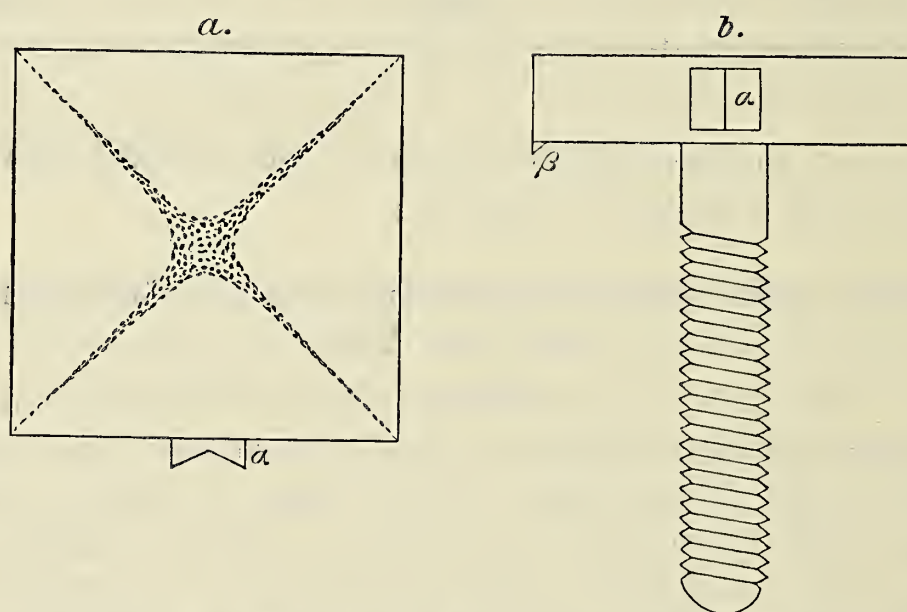
Der Vorzug dieser Platten besteht dann zunächst darin, dass ihre relativen Schwingungszahlen ein Gesetz²⁾ befolgen, wonach, wenn l und l_1 die Seiten zweier Platten, d und d_1 ihre Dicken, sowie N und N_1 die absoluten Zahlen ihrer Schwingungen bedeuten, für den Fall, dass beiderseits als Chladnische Klangfigur z. B. das Knotenkreuz durch die Ecken entsteht:

1) Wiedem. Annal. Bd. 52, S. 238 u. f.

2) Siehe Chladni, Akustik § 107.

$$\frac{N}{N_1} = \frac{d}{d_1} \cdot \frac{l_1^2}{l^2} \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad (1)$$

wird, selbstverständlich unter der Voraussetzung, dass die Platten aus demselben Material bestehen. Eine solche Platte bekommt in ihrer Mitte einen Stiel und sieht dieses neue Tonmittel dann so wie in untenstehender Figur aus, bei welcher a in natürlicher Grösse eine Platte von oben und b dieselbe von der Seite gesehen darstellt. Die Seitenlänge l beträgt hierbei 35, die Dicke d 8 mm, während die Länge des Stiels ca. 40 mm und dessen Durchmesser ca. 8 mm beträgt. Zum Zwecke der Schwingungserregung



solcher dicker Platten muss dann der sonst gebrauchte Violinbogen bei Seite gelegt und statt seiner zum Anstreichen der Antolik'sche Glasstab verwendet werden, wie ich dies in meinen beiden Abhandlungen¹⁾ über die Bestimmung hoher Schwingungszahlen von Stimmgabeln genau auseinandergesetzt habe. Die Figuren a und b werden direkt verständlich sein und bemerke ich nur noch, dass a das kleine, winkelig eingekerbte Korkstückchen bedeutet, über welches mit dem nassen Glasstab unter Druck auf- und niedergestrichen wird, während β das kleine, keilförmige Korkstückchen versinnlicht, durch welches die Schwingungen der Platte auf den Resonanzstab

1) Wiedem. Annalen Bd. 51 S. 661—696 und Bd. 52 S. 238—262.

übertragen werden. Zum nähern Verständniss des ganzen Versuches ist es nöthig, die schematische Figur 1 der oben citirten Abhandlung S. 239 anzusehen. Anstatt der Stimmgabel muss man sich in dieser Figur dann links in den Holzklotz *K* die Platte mit ihrem Stiel eingeschraubt denken, wobei dann selbstverständlich dieser Stiel vertical und die letztere horizontal zu liegen kommt. Natürlich wird bei solchen dicken Scheiben mit kleinen Seitenlängen das Anstreichen eine viel grössere Kraft erfordern, wie es bei den gewöhnlichen Klangscheiben sonst der Fall ist, und liegt hierin der nächste äussere Grund, weshalb ein Violinbogen kaum zu brauchen ist. Die Scheiben müssen aus dicken Stahlplatten, die man im Handel zu kaufen bekommt, hergestellt werden, und unterliegt diese Herstellung keiner Schwierigkeit. Da bei ihnen erforderlichenfalls die Anwendung der Gleichung (1) eintreten soll, so leuchtet ein, dass die Platten nicht mit abgerundeten, sondern mit völlig scharfen Kanten hergestellt werden müssen. Auch deshalb verbietet sich die Anwendung des Violinbogens, dessen Haarband ja an scharfen Kanten in kürzester Zeit sich gänzlich abschaben müsste.

2. Streicht man nun eine solche Platte an, so wird das Ohr bei den hohen Schwingungen wohl meistens gar keinen Ton vernehmen. Um so mehr aber wird das Auge dann überrascht werden, wenn plötzlich haarscharf, wie hervorgezaubert, die Chladni'sche Knotenfigur — das Kreuz durch die Ecken — erscheint und hiermit der Beweis geliefert wird, dass die Scheibe auch wirklich schwingt. Beim Anstreichen des Korkstückchens α mit dem nassen Glasstab entsteht ein äusserst feiner Sprühregen, der theils auf die Platte, theils auf das angrenzende Ende des Resonanzstabes niederfällt und wodurch dann allerdings an diesen feucht gewordenen Stellen der Platte und des Stabes die Bildung von Knotenlinien vereitelt wird. Meine Resonanzmethode, wo sie immer angewendet wird, setzt aber vollkommene Trockenheit des Resonanzstabes, der Platten und des Sandes voraus und muss hierauf ganz besonders geachtet werden. Vor allem muss die Sorte des Sandes die richtige sein. Ich verwende ziemlich grobkörnigen Quarzsand, der durch wiederholtes Auswaschen vollkommen von beigemengtem Staub oder gar lehmigen

Bestandtheilen befreit wurde. Um diesen immer möglichst trocken zu erhalten, etablire ich in der Nähe der Platte in irgend einer Weise unter Zuhilfenahme eines kleinen Gasflämmchens eine Erwärmungsvorrichtung in Form eines kleinen Sandbades, auf welches ein Gläschen, das den Sand zum Aufstreuen auf die Platte und den Resonanzstab enthält, gelegt wird. Auf das Sandbad legt man ferner einen dicken feinen Haarpinsel, mit dem man den Sand, wenn er von der Platte bzw. dem Resonanzstab entfernt werden soll, abkehrt. Diese vollkommene Trockenheit ist namentlich dann als unerlässlich zu erachten, je mehr die Schwingungszahlen immer grösser und die Elongationsweiten der Schwingungen immer kleiner werden. Es kann also wohl kommen, dass die Knoten auf der Platte und dem Resonanzstab nicht erscheinen, und nur eine winzige Feuchtigkeit die Ursache hiervon ist. Kann man es vielleicht so einrichten, dass die Sonne auf die ganze Zusammenstellung der Apparate scheint, so wird hierdurch alles in vollkommener Trockenheit erhalten. Die Erwärmung der Platte bzw. des Resonanzstabes wird kaum einen bemerkbaren Einfluss auf die Schwingungszahlen ausüben; fürchtet man aber diesen Einfluss, so kann ja die Trockenheit durch die andern angegebenen Mittel ohne die Sonne erreicht werden.

3. Bevor ich nun Resultate der Tonhöhenbestimmung bei einer Anzahl »Stimmplatten«, wie man die Scheiben gegenüber den »Stimmgabeln« nennen kann, mittheile, möchte ich über die Benutzung theoretischer Formeln und Gleichungen, die bei meiner Resonanzmethode in Betracht kommen, hier das Nöthige erläutern. Die Seebeek'sche Gleichung für die Schwingungszahl eines einseitig festgeklemmten parallelepipedischen Stabes heisst

$$N = \frac{\varepsilon^2 \cdot \pi \cdot h}{4 \cdot \sqrt{3} \cdot L^2} \sqrt{\frac{E \cdot g}{s}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Es bedeutet hierbei ε eine Zahl, welche von der Ordnungszahl des betr. Obertons des Resonanzstabes abhängt, h dessen Dicke und L die Länge des frei schwingenden Stabtheils. Da bei der Methode derselbe Resonanzstab verbleibt, so ist h eine Constante; fassen wir sie mit allen übrigen constanten Grössen, ausser ε

und L , zu einer gemeinsamen Constanten K zusammen, so wird die Gleichung (2) zu:

$$N = \frac{\varepsilon^2 \cdot K}{L^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Die Methode, welche in meiner Abhandlung ¹⁾ über die Tonhöhenbestimmung hoher Gabeln erläutert wurde, setzte eine »Vergleichsgabel« mit einer bekannten Anzahl N_1 Schwingungen voraus; übertrug diese Vergleichsgabel dann beim Anstreichen ihre Schwingungen auf das freie Ende des »Resonanzstabes«, so konnte dieser bei einer leicht zu bestimmenden Länge L_1 eine Anzahl k_1 Knoten liefern; dann gehört zu dieser Anzahl k_1 Knoten eine Ordnungszahl $n = (k_1 + 1)$ des betr. Obertons und hierzu ein bestimmtes ε_1 , das aus vorhandenen Tabellen ²⁾ entnommen werden kann; N_1 , L_1 und ε_1 sind demnach für die Vergleichsgabel bekannte Grössen und besteht für diese die Gleichung:

$$N_1 = \frac{\varepsilon_1^2 \cdot K}{L_1^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Mithin besteht auch die Gleichung

$$\frac{N}{N_1} = \frac{\varepsilon^2}{\varepsilon_1^2} \cdot \frac{L_1^2}{L^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

und hiernach die Gleichung

$$N = N_1 \frac{\varepsilon^2}{\varepsilon_1^2} \cdot \frac{L_1^2}{L^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

als diejenige, aus welcher N berechnet werden kann, falls für eine zweite Gabel auch durch den Versuch die Anzahl k Knoten und die dazu gehörige Länge L des Resonanzstabes ermittelt worden ist.

Beispiel. Eine Vergleichsgabel hatte ein $N_1 = 2044$; bei einer Länge $L_1 = 227,5$ m/m zeigte sie 5 Knoten, d. h. bei diesem 6. Oberton ist $\varepsilon_1 = \frac{(2n_1-1)}{2} = \frac{11}{2}$ und hiernach $\text{Log } \varepsilon_1 = 0,74036$ und $\text{Log } \varepsilon_1^2 = 1,48072$. Die zu prüfende Gabel N zeigte bei ihrem 11. Oberton 10 Knoten bei einem $L = 153,4$ m/m; für sie

1) Wiedem. Ann. Bd. 52.

2) S. meine Akustik S. 145.

war also $\varepsilon = \frac{2 \cdot 10 - 1}{2} = \frac{19}{2}$, $\text{Log } \varepsilon = 1,02119$ und $\text{Log } \varepsilon^2 = 2,04238$. Hiernach berechnet sich N wie folgt:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Log } N_1 & = & 3,31048 \\
 \text{Log } \varepsilon^2 & = & 2,04238 \\
 \text{Log } 227,5^2 & = & 4,71396 \\
 \hline
 & & 10,06682 \\
 & & 5,85238 \\
 \hline
 \text{Log } N & = & 4,21444
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{rcl}
 \text{Log } \varepsilon_1^2 & = & 1,48072 \\
 \text{Log } 153,4^2 & = & 4,37166 \\
 \hline
 & & 5,85238 \\
 \hline
 N & = & 16385
 \end{array}$$

Die zu prüfende Gabel N war in der That ein König'sches C_*^6 mit 16384 Schwingungen.

Sollen mehr wie eine Gabel auf ihre Schwingungszahlen festgestellt werden, so kann für alle diese zu prüfenden Gabeln dieselbe Vergleichsgabel mit derselben Länge L_1 des Resonanzstabes sowie derselben Oberschwingung des letzteren verbleiben. Geschieht dies, so leuchtet ein, dass in der Gleichung (6) die drei Grössen N_1 , L_1^2 und ε_1^2 zu einer Constanten $K_1 = \frac{N_1 \cdot L_1^2}{\varepsilon_1^2}$ zusammengefasst werden können, wonach dann diese Gleichung übergeht in

$$N = K_1 \cdot \frac{\varepsilon^2}{L^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Hiernach berechnen sich dann die N mittelst der Logarithmen in kürzester Zeit. Für unsere Gabel C_*^6 war $\text{Log } K_1 = 6,54372$, mithin

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Log } K_1 & = & 6,54372 \\
 \text{Log } \varepsilon^2 & = & 2,04238 \\
 \hline
 & & 8,58610 \\
 \text{Log } L^2 & = & 4,37166 \\
 \hline
 \text{Log } N & = & 4,21444
 \end{array}
 \qquad
 N = 16385.$$

4. Lässt es sich einrichten, dass die Ordnungszahl der Oberschwingung des Resonanzstabes und hiermit k und ε für alle zu prüfenden Gabeln dieselbe bleibt wie für die Vergleichsgabel, so ist $\varepsilon_1 = \varepsilon$ und gestaltet sich die Gleichung (6) noch viel einfacher und wird zu

$$N = N_1 \cdot \frac{L_1^2}{L^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Da nun $N_1 \cdot L_1^2$ wiederum als eine Constante K_2 aufzufassen ist, so wird schliesslich

$$N = \frac{K_2}{L^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Beispiel. Als zu prüfende Gabel wurde das König'sche C_*^5 genommen; es lieferte bei $L = 160,7$ m/m ebenfalls 5 Knoten des Resonanzstabes, geradeso wie die Vergleichsgabel C_*^4 bei $L_1 = 227,5$. Mithin wird die Berechnung nach Gleichung (9) der $\text{Log } K_2 = 8,02444$

$$\text{Log } K_2 = 8,02444$$

$$\text{Log } L^2 = 4,41204$$

$$\text{Log } C_*^5 = 3,61240$$

$$C_*^5 = 4096.$$

Das C_*^5 gab in Wirklichkeit 4088 Schwingungen.

Wenn die zur Prüfung stehenden Stimmgabeln oder Stimmplatten viel höher sind wie die Vergleichsgabel, so lässt es sich nicht wohl machen, dass für alle dieselbe Ordnungszahl der Oberschwingung des Resonanzstabes gewählt werden kann, weil vielleicht die Längen L dann zu klein würden. In diesem Fall kann, um wesentliche Vereinfachungen durch Anwendung der Gleichung (9) zu erzielen, noch ein anderer Weg eingeschlagen werden, nämlich der, dass man zunächst eine sogen. »Hilfs-Vergleichsgabel« N_1^1 benutzt, für welche aber erst unter Zugrundelegung einer Vergleichsgabel N_1 nach Gl. (6) das N_1^1 berechnet werden muss. Für diese Hilfs-Vergleichstafel N_1^1 zeigt dann der Resonanzstab z. B. 10 Knoten, während er für die Vergleichsgabel N_1 z. B. wie vorhin nur 5 Knoten lieferte. Ist dann N_1^1 bestimmt, dann können, wenn eine weitere Reihe Schwingungszahlen hoher Gabeln oder Platten bestimmt werden soll, alle diese mit 10 Knoten auf dem Resonanzstab in Betracht kommen.

So werden wir hernach sehen, dass ich die Schwingungszahlen von neun Stimmplatten zu bestimmen hatte, und da diese voraussichtlich sehr hohe Schwingungszahlen hatten, so war es für zweckmässig erachtet worden, die Ordnungszahl n der Oberschwingungen des Resonanzstabes auf 11, d. h. die Zahl der Knoten auf 10 festzusetzen. Da nun, wie wir oben gesehen haben, die Zahl der Knoten bei der Stimmgabel C_*^6 auch 10

war, so konnte C_*^6 als Hilfsvergleichsgabel angenommen werden. Die erste Stimmplatte, mit A bezeichnet, lieferte nun 10 Knoten bei einer Länge $L = 163,2$ m/m, die Gabel C_*^6 bei $L_1 = 153,4$ m/m. Mithin ist nach Gl. (8)

$$A = 16385 \cdot \frac{153,4^2}{163,2^2}.$$

$$\text{Log } 16385 = 4,21444$$

$$\text{Log } 153,4 = 4,37166$$

$$\text{Log } K_2 = 8,58510$$

$$\text{Log } 163,2^2 = 4,42544$$

$$\text{Log } A = 4,16066$$

$$A = 14476.$$

Hiernach ist nun die Berechnung für die übrigen acht Stimmplatten sehr einfach. Für die nächste, von mir mit X bezeichnet, war z. B. $L = 155,1$; mithin die Berechnung:

$$\text{Log } K_2 = 8,58610$$

$$\text{Log } 155,1^2 = 4,38122$$

$$\text{Log } X = 4,20488$$

$$X = 16028.$$

5. Nach diesen Auseinandersetzungen gebe ich nun eine Zusammenstellung der Resultate meiner Untersuchung der neun Stimmplatten.

Platte	l m/m	d m/m	k	L m/m	N	N^*	Δ
A	46,75	7,00	10	163,2	14476	14476	0
X	43,30	6,50	„	155,1	16028	15670	— 358
Y	41,35	6,45	„	149,3	17298	17050	— 248
E	49,95	10,05	„	146,7	17999	18206	— 207
Z	28,25	3,25	„	139,5	19813	18406	— 1407
C	41,80	8,10	„	135,8	20903	20953	+ 50
F	38,90	8,00	„	128,3	23423	23896	+ 473
G	40,00	10,05	„	120,1	26731	28390	+ 1659
B	35,00	8,00	—	—	—	29517	—

Es bedeuten in dieser Zusammenstellung die Zahlen der mit l überschriebenen Columnne die in Millimeter ausgedrückten Seitenlängen der quadratischen Platten, d ihre Dicken; ferner

k die für alle Platten geltende Zahl der Knoten des Resonanzstabes, Die Columnne L bezeichnet, in Millimeter ausgedrückt, die den einzelnen Platten entsprechenden Längen des freischwingenden Resonanzstabes. Die Columnne N enthält dann die nach Gl. (9) berechneten Schwingungszahlen der Platten.

Legt man die Schwingungszahl 14476 der Platte A zu Grund, so lassen sich die Schwingungszahlen auch nach der Gl. (1) berechnen, ohne dass man die Resonanzmethode zur Anwendung bringt. Diese so erhaltenen Schwingungszahlen enthält die Columnne N^* und sodann die mit Δ überschriebene Columnne die Abweichungen ($N^* - N$).

Die Platte B war nicht mehr dahin zu bringen, dass bei ihrem Anstreichen der Resonanzstab so in Schwingung gerieth, dass er durch Sand Knotenlinien zeigte. Da aber doch das Kreuz durch die Ecken auf der Platte erschien, wenn auch nicht so rasch und so scharf wie bei den acht vorausgehenden Platten, so musste angenommen werden, dass die Intensität der Schwingungen bei nahezu 30000 in der Sekunde nicht mehr hinreichte, um den Resonanzstab in so starkes Mitschwingen zu versetzen, dass auch er Knoten zeigen konnte. Es bleibt nun einer weiteren Prüfung vorbehalten, ob es nicht mit andern Platten, deren Schwingungszahl ca. 30000 ist, gelingt, die Resonanzmethode noch zur Anwendung zu bringen, und bin ich in dieser Richtung mit weiteren Untersuchungen beschäftigt.

6. Zunächst werden nun wohl die zum Theil bedeutenden Abweichungen der Zahlen N und N^* auffällig sein. Bei näherer Ueberlegung jedoch werden diese sich leicht erklären lassen. Die von mir verwendeten Platten wurden von meinem Mechaniker hergestellt, der den Stahl hierzu in den vorhandenen Dicken von einer auswärtigen Firma bezog. Wenn nun auch die möglichste Sorgfalt namentlich auf Herstellung von durchweg parallelen Begrenzungsflächen verwendet und insbesondere darauf geachtet wurde, dass jede Platte durchweg gleiche Dicke bekam, so zeigte doch eine genauere Prüfung, dass sich dies nicht vollständig hatte erreichen lassen. Sodann sind die Platten mit einem Stiel versehen, der mit seinem oberen Ende in ein Loch, welches in die Mitte derselben gemacht wurde, eingeschraubt und einge-

löthet ist. Ein solcher Stiel muss dann zweifelsohne die Schwingungen der Platten beeinflussen geradeso wie bei einer Stimmgabel, deren Schwingungen sich ja auch von ihrem Stiel in Abhängigkeit befinden, was sich leicht nachweisen lässt. Die Gleichung (1) nimmt aber auf diese Dinge keine Rücksicht und setzt eine Platte ohne Stiel und von sonst idealer Form voraus. Es können daher die nach dieser Gleichung berechneten Schwingungszahlen kaum so ausfallen, dass sie durchweg nur mässige Abweichungen von den durchs Experiment gefundenen Schwingungszahlen N zeigen. Für die durch die Resonanzmethode erhaltenen Schwingungszahlen gilt also dann jede Platte, wie sie gerade ihrer Form nach ausgefallen ist, incl. Stiel, als ein Individuum, geradeso wie eine Stimmgabel, deren Schwingungszahl ja auch nur durchs Experiment genau bestimmt werden kann, während deren Berechnung nach einer theoretischen Formel zur Unmöglichkeit wird, wenn nicht etwa, wie Marcadier nachgewiesen¹⁾ hat, die Form der Gabel eine bestimmt regelmässige ist.

Sollen Klangplatten eine möglichst ideale Form bekommen, so können sie nur mittelst einer Hobelmaschine hergestellt werden, und sollen etwa für verschiedene Platten, wie wir es gethan haben, nach einer Gleichung wie die Gl. (1) Gesetzmässigkeiten nachgewiesen und z. B., von einer Platte ausgehend, die andern Platten mit dieser einen verglichen werden, so müssen selbstverständlich alle diese schwingenden Körper auch genau aus demselben Material gearbeitet sein. Auch dieses letztere Erforderniss wird wohl nicht für alle neun Platten unserer aufgeführten Reihe genau erfüllt sein. Die Platten, wie sie sind und nicht wie sie theoretisch genommen sein sollen, bilden demgemäss die schwingenden Körper, um deren Schwingungszahlen N es sich handelt und welche Schwingungszahlen eben durch meine Resonanzmethode bestimmt werden können. Dem entgegen haben die mittelst der Gl. (1) berechneten Schwingungszahlen bloss für eine oberflächliche Beurtheilung der Tonhöhen Werth, um wenigstens erst annähernd zu erfahren, mit welchen Schwingungsmengen man es voraussichtlich zu thun haben wird.

1) S. meine Akustik S. 163.

7. Welches sind denn nun aber die Vorzüge, welche meine »Stimmlatten« vor den »Stimmgabeln« voraushaben? Diese Vorzüge sind mannigfacher Art und kann folgendes genauer beachtet werden.

Erstens. Die »Stimmlatten« erfordern zu ihrer Herstellung zweifellos gegenüber den Stimmgabeln weniger Geld und Zeit.

Zweitens. Die Platten sind, selbst bei weniger ideeller Form, doch immerhin geometrisch einfache Körper, über deren Schwingungszahlen nach der Gl. (1) man sich leicht bis zu einer gewissen Grenze unterrichten kann, während bei Stimmgabeln dies gänzlich unmöglich ist. Man sehe einmal die von R. König für hohe Töne gelieferten Gabeln an und man wird sofort sich überzeugen, dass es bei diesen ihren Formen ganz unmöglich ist, über ihre Schwingungszahlen neben der experimentellen Ermittlung derselben auch auf theoretischem Weg nur einigermaßen eine annähernde Kenntniss der Schwingungsmengen zu erlangen.

Drittens. Die grösste Auszeichnung vor den Stimmgabeln besitzen die Stimmlatten dadurch, dass sie in sehr schöner und unzweideutiger Weise anzeigen, dass sie wirklich schwingen. Alle schwingenden Körper, wobei hohe und höchste Schwingungen bzw. Töne in Betracht kommen, sind mangelhafte Körper, falls sie nicht auch direkt fürs Auge die Anzeige von ihren Schwingungen machen können. Die Stimmgabeln können dies in der Weise, dass sie auf ihren Oberflächen eine Klangfigur erzeugen lassen, nicht. Ob sie wirklich schwingen, lässt sich allerdings durch aufgestreuten Sand nachweisen; aber dieser verliert sich sofort von den Zinken, ohne eine Figur zu bilden. Diese Fähigkeit eines schwingenden Körpers, seine Schwingungen durch äussere Zeichen zu bestätigen, ist bei Gehörsprüfungen eine unschätzbare Eigenschaft, und sind in dieser Beziehung auch die bekannten dicken cylindrischen Stahlstäbe, wie sie insbesondere von R. König, um sehr hohe Töne zu liefern, eingeführt wurden, zweifelhafte Prüfungsmittel. Denn diese dicken Stäbe können nur durch einen Holz- oder Stahlhammer zum Schwingen gebracht werden; aufgestreuter Sand verlässt hierbei dann sofort die Oberflächen, auch wenn die Stäbe parallelepipedisch sind, und bleibt nicht an den Knotenstellen, auf welchen die Stäbe aufliegen müssen, liegen. Ob ein solcher Stab also

wirklich schwingt oder nicht, kann, wenn das Ohr einen Ton nicht hört, sehr zweifelhaft sein; sieht aber das Auge die schöne Chladni'sche Klangfigur auf einer Stimmplatte, so weiss man, dass dieselbe wirklich schwingt, und hört dann das Ohr keinen Ton, so muss man schliessen, dass es unfähig ist, Schwingungen von solcher Höhe wirklich zu hören.

Viertens. Wenn eine Stimmgabel angestrichen werden soll, so ist man mit dem Anstreichstab (Violinbogen) nur auf die Enden der Gabelzinken verwiesen. Man muss vorsichtig streichen, damit der Stab nicht abrutscht, was bei der Antolik'schen Methode allerdings wenig zu fürchten ist, bei einem Violinbogen aber eine sehr missliche Sache ist. Ganz anders bei einer Stimmplatte. Man hat bei ihr vier doch immerhin längere Quadratseiten, in deren Mitte man anstreichen kann; man hat ein Abrutschen des Glasstabes oder des Violinbogens nicht zu fürchten, man kann die Scheibe in jeder beliebigen Stellung einschrauben, und immer wird man bequem an einer der vier Quadratseiten das Anstreichen in der je bequemsten Weise fertig bringen können. Sollen nun die Schwingungen der Platten etwa auf einen Stab übertragen werden, so ist dies bei ihr auch wieder viel leichter zu bewerkstelligen wie bei einer Stimmgabel, weil bei letzterer das Zinkenende, von dem aus die Uebertragung z. B. auf Resonanzstab stattfinden soll, diesem letzteren zu nahe liegt und die Uebertragung unbequemer wird, während bei Platten die Anstreichstellen und die Uebertragungsstellen an zwei verschiedenen Quadratseiten gewählt werden können.

Anstatt der quadratischen Stimmplatten vielleicht kreisrunde zu nehmen, bildet selbstverständlich gar keinen principiellen Unterschied, falls man nicht etwa glaubt, die letzteren könnten auf der Drehbank in ihrem äusseren Umfang regelmässiger hergestellt werden. Zur weiteren Ergänzung kann dann noch hinzugefügt werden, dass zweifelsohne auch kleinere und dickwandigere glockenförmige Körper, mit einem Stiel versehen, zur Erzeugung sehr hoher Töne benutzt werden können, am besten wird es aber wohl immer bleiben, sich der quadratischen Platten zu bedienen.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten
Naturwissenschaften

zu

M a r b u r g.

N^{ro.} 5

Juni

1898

In der wissenschaftlichen Sitzung vom 15. Juni 1898 hielt Herr E. Hess einen Vortrag:

Ueber eine anschauliche Darstellung der regelmässigen Einteilungen des dreidimensionalen sphärischen Raumes.

Die regelmässigen Einteilungen der Kugelfläche — des zweidimensionalen sphärischen Raumes — entstehen bekanntlich durch die Symmetrie-Ebenen der regulären Polyeder und der regulären Doppelpyramiden, zu welchen die Kugelfläche concentrisch ist. Umgekehrt lassen sich aus den regelmässigen Einteilungen einer Kugelfläche in gleiche und ähnliche sphärische Polygone, deren Seiten Hauptkreisbogen sind, die ganz oder teilweise regelmässigen Polyeder, speciell auch die Gestalten des regulären, tetragonalen, rhombischen und hexagonalen Krystallsystems in einfacher Weise herleiten.

Man kann auf verschiedene Arten diese regelmässigen Einteilungen einer Kugelfläche anschaulich darstellen:

1) durch Aufzeichnung der sphärischen Polygone auf eine Kugelfläche ¹⁾);

1) Vgl. die neuerdings auf Veranlassung von W. Dyck angefertigten Modelle der den regulären Polyedern entsprechenden Gebietseinteilungen auf der Kugel. Nr. 6 der XVII. Serie des Verlags von L. Brill in Darmstadt.

2) durch Benutzung der von mir angegebenen sog. Polyeder-Kaleidосkope¹⁾, bei welchen die Einlage einer sphärischen Grenzfläche des Netzes in die durch drei benachbarte Symmetrie-Ebenen, deren Innenseiten spiegelnd sind, eingeschlossene Ecke genügt, um die ganze Einteilung der Kugelfläche anschaulich zu erhalten;

3) durch Construction der stereographischen Projection des sphärischen Netzes, bei welcher eine winkeltreue Abbildung desselben entsteht und die Hauptkreise der Kugelfläche als Kreise, speciell als Gerade in die Ebene projiciert werden.²⁾

Analog können nun auch die regelmässigen Einteilungen (oder Ausfüllungen) des dreidimensionalen sphärischen Raumes (des sog. Helmholtz'schen Raumes, der Hypersphäre), welche durch die linearen Symmetrie-Räume der regulären, zu der Hypersphäre concentrischen Polytope des vierdimensionalen Raumes erzeugt werden,³⁾ durch Projection in den ebenen dreidimensionalen (Euklid'schen) Raum anschaulich dargestellt werden.

Die Darstellung der sechs regelmässigen vierdimensionalen Polytope (erster Art) durch ihre Projectionsmodelle ist zuerst von

1) Vgl. E. Hess: „Ueber ein Problem der Katoptrik“ (Diese Sitzungsber., Januar 1879, S. 7—20). „Ueber Polyeder-Kaleidосkope“ (Ebenda, Febr. 1882, S. 9—12). „Einleitung in die Lehre von der Kugelteilung“ (Leipzig, B. G. Teubner 1883, S. 262—265). „Ueber die Zahl und Lage der Bilder eines Punkts bei drei eine Ecke bildenden Planspiegeln“ (Diese Sitzungsber., Januar 1888). „Ueber Polyederkaleidосkope und deren Anwendung auf die Krystallographie“ (Neues Jahrb. f. Mineral. 1889, Bd. I, S. 54—65). „Katalog mathematischer u. s. w. Modelle der Deutschen Mathematiker-Vereinigung“, herausgegeben von W. Dyck, München 1892, Nr. 137, S. 250, 251.

2) Vgl. die Figuren in des Verfassers „Einleitung in die Lehre von der Kugelteilung“.

3) Vgl. E. Hess: „Ueber die regulären Polytope höherer Art“ (Diese Sitzungsber., Mai 1885, S. 31—57, § 1). „Ueber regelmässige Einteilungen des dreidimensionalen sphärischen Raumes“ (Ebenda, December 1895, S. 39—50).

V. Schlegel¹⁾ ausgeführt worden. Bei Benützung der Polyeder-Kaleidосkope ist hier nur die Herstellung einer Einlage erforderlich, welche für das Fünfeck den 24ten, für das Achteck, das Sechseck- und das Vierundzwanzig-Eck den 48ten, für das Sechshundert- und das Hundertundzwanzig-Eck den 120ten Teil des ganzen Projectionsmodells beträgt. Auch für die hier zu betrachtende anschauliche Darstellung der stereographischen Projection der regelmässig eingetheilten Hypersphäre erweisen sich die Polyeder-Kaleidосkope als ganz besonders geeignet.,

Durch die Hauptkugeln, in welchen die linearen Symmetrie-Räume der regulären Polytope die concentrische Hypersphäre schneiden, wird dieselbe für die hier nur in Betracht zu ziehenden Fälle des 5-Ecks, des 16- und des 8-Ecks, des 24-Ecks des 600- und des 120-Ecks in bez. 120, 384, 1152, 14400 unter sich congruente sphärische Elementar-Tetraeder geteilt, deren Elemente im Folgenden übersichtlich zusammengestellt sind und durch deren verschiedene Zusammenfassung die möglichen regulären und teilweise regulären Gewebe dieser 4 Gruppen leicht erhalten werden können.

Projiziert man nun die auf eine der vier Arten regelmässig eingetheilte Hypersphäre von einem ihrer Punkte P — als welcher einer der Eckpunkte eines Elementartetraeders gewählt werde — auf dessen linearen „Aequator“-Raum, welcher die Hypersphäre in der Polarhauptkugel des Punktes P schneidet, so stellen sich alle durch den Projectionspunkt P und dessen Gegenpunkt P' hindurchgehenden Symmetrie-Hauptkugeln als Ebenen dar, welche sich in der Projection $\mathfrak{P}$ des Punktes P' — die Projection von P fällt ins Unendliche — schneiden. Falls die Polarhauptkugel von P (und P') zu den Symmetriehauptkugeln gehört, so ist ihre Projection, nämlich die mit dem Radius der Hypersphäre — welcher $= 1$ angenommen werde — um den Punkt $\mathfrak{P}$ beschriebene Kugel $\mathfrak{K}$ mit zu berücksichtigen. Alle übrigen

1) Vgl. Specialkatalog, S. 31, 32 und S. 87—89 des Verlags von L. Brill in Darmstadt.

Symmetriehauptkugeln projicieren sich als Kugeln, deren Mittelpunkte auf den geraden Symmetrie-Axen, den Schnittlinien der durch den Mittelpunkt $\mathfrak{P}$ gehenden Ebenen liegen, falls — was bei den hier in Betracht kommenden vier Fällen immer möglich ist — als Punkt P ein solcher Eckpunkt des Elementartetraeders gewählt wird, für welchen die drei durch ihn hindurchgehenden Kanten alle vorhandenen Arten von Symmetrie-Axen repräsentieren oder in welchem sich die grösste Zahl von Symmetrie-Hauptkugeln des sphärischen Gewebes schneidet.

Die auf diesen Kugeln, speciell den durch $\mathfrak{P}$ gehenden Ebenen entstehenden Einteilungen, welche durch die kreisförmigen, speciell geraden Symmetrie-Axen erzeugt werden, entsprechen den bekannten Einteilungen einer Kugelfläche, bezw. deren ebener stereographischer Projection, durch die Symmetrie-Ebenen der regulären Polyeder oder können aus diesen leicht durch Construction bestimmter kreisförmiger oder gerader Verbindungslinien vervollständigt werden.

Wenn der soeben näher bezeichnete Eckpunkt P eines sphärischen Tetraeders zum Projectionspunkt gewählt wird, so sind die durch den Mittelpunkt $\mathfrak{P}$ der Projection hindurchgehenden Ebenen

- 1) für die Gruppe der regulären 5-Zells die 6 Symmetrie-Ebenen eines regulären Tetraeders,
- 2) für die beiden Gruppen des $\left. \begin{array}{l} \text{16- u. 8-Zells u. des 24-Zells} \end{array} \right\}$ die 3 + 6 Symmetrie-Ebenen eines regulären Oktaeders (oder Hexaeders),
- 3) für die Gruppe des 600- und 120-Zells die 15 Symmetrie-Ebenen eines regulären Ikosaeders (oder Pentagondodekaeders).

Die durch je drei benachbarte Symmetrie-Ebenen bestimmte Ecke ist also in diesen drei Fällen dieselbe, welche bei den Polyeder-Kaleidoskopen zur Darstellung der entsprechenden regelmässigen oder teilweise regelmässigen Gestalten der Tetraeder-, Oktaeder- und Ikosaeder-Gruppe benutzt wird.

Werden nun die in einer solchen Ecke enthaltenen Projectionen der sphärischen Tetraeder einer der vier regelmässigen Einteilungen der Hypersphäre dargestellt, so giebt das entsprechende Polyeder-Kaleidoskop für eine solche Einlage ein vollständiges anschauliches Bild der betreffenden Einteilung des dreidimensionalen sphärischen Raumes.¹⁾ Die Zahl und Beschaffenheit der in einer solchen Ecke enthaltenen Elementar-Tetraeder, sowie ihre Anordnung ist aus den nachfolgenden Zusammenstellungen ersichtlich.

Es sei noch bemerkt, dass nur für die erste Gruppe des 5-Zells die um den Punkt $\mathfrak{P}$ mit dem Radius 1 beschriebene Kugel $\mathfrak{K}$ (die Projection der Polar-Hauptkugel des Punktes P) nicht zu den Symmetrie-Kugeln gehört. Für die drei anderen Hauptgruppen ist dies der Fall, und von den in der Ecke enthaltenen Tetraedern verhält sich die eine, im Innern der Kugel liegende Hälfte zu der anderen, ausserhalb desselben liegenden symmetrisch in Beziehung auf diese Kugel. Die Symmetrie in Beziehung auf irgend eine Kugel, welche die Projection einer Symmetrie-Hauptkugel darstellt, ist überhaupt eine solche, dass ein Punkt und sein Spiegelbild in Beziehung auf diese Kugel harmonische Pole auf dem zugehörigen Kugeldurchmesser (sog. elektrische Bilder nach Thomson) sind.

Hinsichtlich der Herleitung der im Folgenden zusammengestellten Beziehungen und weiter sich hieraus ergebender Folgerungen sei auf eine in Kürze erscheinende grössere Abhandlung des Verfassers hingewiesen, in welcher insbesondere die sämtlichen für die vier Hauptgruppen charakteristischen einfachen und Doppeldrehungen, ebenso die einfachen und dreifachen Spiegelungen (Drehspiegelungen), sowie auch die eigentlichen und uneigentlichen Correlationen vollständig abgeleitet werden.

1) Die sphärischen Seitenflächen solcher Tetraeder werden hierbei der Uebersichtlichkeit wegen am besten offen gelassen, d. h. nur durch die in den Symmetrie-Ebenen gezeichneten sphärischen Seiten dargestellt und die den verschiedenen Tetraedern angehörigen ebenen Flächen durch verschiedene Färbung gekennzeichnet.

I. Gruppe des regulären Fünfcells.

Das hierhergehörige reguläre sphärische Zellgewebe (I) wird durch 10 Hauptkugeln ϱ_{1-10} gebildet, welche sich

10 mal zu je dreien in den 10 Hauptkreisen K_{1-10} ,
 15 mal „ „ zweien „ „ 15 „ „ L_{1-15}
 schneiden, während durch die Schnittpunkte nämlich
 die 5 Punkte $\mathfrak{T}$ und deren Gegenpunkte $\mathfrak{T}'$ je 6 Hauptkugeln ϱ ,
 „ 10 „ $\mathfrak{R}$ „ „ „ „ $\mathfrak{R}'$ „ 4 „ „
 hindurchgehen.

Durch diese 10 Hauptkugeln ϱ wird die Hypersphäre in 120 gleiche Elementartetraeder mit je zwei Eckpunkten $\mathfrak{T}_a$ und $\mathfrak{T}'_b$ und je zwei Eckpunkten $\mathfrak{R}_c$ und $\mathfrak{R}'_d$ geteilt. Die Elemente eines solchen Tetraeders $\mathfrak{T}^{(1)}$ sind in übersichtlicher Zusammenstellung die folgenden:

Centriwinkel einer sphärischen Kante:	Haupt- kreis:	Neigungswinkel der Hauptkugeln in dieser Kante:	(1)
$\mathfrak{T}_a \mathfrak{R}_c = \mathfrak{T}'_b \mathfrak{R}'_d = \zeta$	K	60°	
$\mathfrak{T}_a \mathfrak{R}'_d = \mathfrak{T}'_b \mathfrak{R}_c = \varepsilon$	L	90°	
$\mathfrak{T}_a \mathfrak{T}'_b = 180^\circ - 2\zeta$	K	60°	
$\mathfrak{R}_c \mathfrak{R}'_d = \vartheta$	L	90°	
Neigungswinkel der Hauptkreise:			(2)
$\mathfrak{R}_c \widehat{\mathfrak{T}_a \mathfrak{T}'_b} = \mathfrak{R}'_d \widehat{\mathfrak{T}'_b \mathfrak{T}_a} = 180^\circ - 2\eta$	$\mathfrak{T}'_b \widehat{\mathfrak{R}_c \mathfrak{R}'_d} = \mathfrak{T}_a \widehat{\mathfrak{R}'_d \mathfrak{R}_c} = 60^\circ$		
$\mathfrak{T}'_b \widehat{\mathfrak{T}_a \mathfrak{R}'_d} = \mathfrak{T}_a \widehat{\mathfrak{T}'_b \mathfrak{R}_c} = \eta$	$\mathfrak{R}'_d \widehat{\mathfrak{R}_c \mathfrak{T}_a} = \mathfrak{R}_c \widehat{\mathfrak{R}'_d \mathfrak{T}'_b} = 90^\circ$		
$\mathfrak{R}'_d \widehat{\mathfrak{T}_a \mathfrak{R}_c} = \mathfrak{R}_c \widehat{\mathfrak{T}'_b \mathfrak{R}'_d} = \eta$	$\mathfrak{T}_a \widehat{\mathfrak{R}_c \mathfrak{T}'_b} = \mathfrak{T}'_b \widehat{\mathfrak{R}'_d \mathfrak{T}_a} = 90^\circ$		

Dabei ist:

$$\left. \begin{aligned} \cos 2\eta &= -\frac{1}{3}, \quad \cos 2\zeta = -\frac{1}{4}, \quad \cos 2\varepsilon = -\frac{2}{3}, \quad \cos \vartheta = \frac{2}{3}, \\ \eta &= 54^\circ 44' 8'', 2, \quad \zeta = 52^\circ 14' 19'', 6, \quad \varepsilon = 65^\circ 54' 18'', 6, \quad \vartheta = 48^\circ 11' 22'', 8, \\ 2\varepsilon + \vartheta &= 180^\circ, \quad \varepsilon = 45^\circ + \psi, \quad \vartheta = 90^\circ - 2\psi, \quad \text{wobei } \operatorname{tg} \psi = \operatorname{tg}^2 \varphi = \frac{3 - \sqrt{5}}{2} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(vgl. unter IV Formel (6)).

Wenn je 24 in einem Punkte $\mathfrak{T}$ (oder $\mathfrak{T}'$) zusammenstossende Tetraeder zusammengefasst werden, so entsteht das Gewebe des regulären Fünfcells (oder das conjugierte Gewebe) und zwar sind die

5 Punkte $\mathfrak{Z}$ ($\mathfrak{Z}'$) die Eckpunkte	} dieses regulären Gewebes.
10 „ $\mathfrak{R}$ ($\mathfrak{R}'$) „ Kantenmittelpunkte	
10 „ $\mathfrak{R}'$ ($\mathfrak{R}$) „ Flächenmittelpunkte	
5 „ $\mathfrak{Z}'$ ($\mathfrak{Z}$) „ Tetraedermittelpunkte	

Durch Zusammenfassen von je 12 in einem Punkte $\mathfrak{R}$ (oder $\mathfrak{R}'$) zusammenstossenden Elementartetraedern resultiert das feste gleichzellige Zellgewebe dieser Gruppe; die Eckpunkte der 10 congruenten sphärischen dreiseitigen Doppelpyramiden, welche dieses Gewebe bilden, sind eine Combination der 5 Eckpunkte $\mathfrak{Z}$ und der 5 Eckpunkte $\mathfrak{Z}'$. Das diesem gleichzelligen Gewebe zugeordnete feste, gleicheckige Gewebe hat die 10 Punkte $\mathfrak{R}$ (oder $\mathfrak{R}'$) zu Eckpunkten und ist von 5 regulären Oktaedern und 5 regulären Tetraedern begrenzt, von welchen sich je 3 Oktaeder und je 2 Tetraeder in jedem Eckpunkte vereinigen.

Wenn im Innern eines der 120 Elementartetraeder ein beliebiger Punkt angenommen wird und die übrigen 119 homologen Punkte construiert werden, so wird das allgemeinste gleicheckige Gewebe dieser Gruppe erhalten, welchem das entsprechende gleicheckige und gleichzellige Polytop bez. ein- und umgeschrieben ist, und aus welchem für besondere Lagen des angenommenen Punktes weitere specielle Gewebe und Polytope resultieren.¹⁾

In der stereographischen Projection des sphärischen Gewebes (I) für einen Punkt $\mathfrak{Z}'$ (oder $\mathfrak{Z}$) als Projectionspunkt stellen sich die 6 durch diesen Punkt gehenden Hauptkugeln als die 6 durch den Punkt t (die Projection von $\mathfrak{Z}'$) hindurchgehenden Symmetrie-Ebenen eines regulären Tetraeders dar, während die 4 übrigen Hauptkugeln ϱ als Kugeln projiciert werden, deren Mittelpunkte auf den vier von dem Mittelpunkte t ausgehenden Graden K (den Projectionen von 4 Hauptkreisen K) in gleichen Abständen von demselben liegen.

1) Vgl. die citierten Abhandlungen des Verf. Diese Sitzungsab. 1885 und 1894.

In jeder der 24 dreiflächigen Ecken mit dem gemeinsamen Scheitel t (einer Polyeder-Kaleidoskop-Ecke mit den Neigungswinkeln 90° , 60° , 60° der spiegelnden Innenflächen) liegen fünf projizierte Elementartetraeder von leicht erkennbarer Beschaffenheit und Gruppierung. Das innerste und das äusserste (dessen Eckpunkt t' im Unendlichen liegt) dieser Tetraeder hat drei ebene und eine kugelförmige, die übrigen drei Tetraeder haben je zwei ebene und zwei kugelförmige Seitenflächen. Auf den Innenseiten der drei Ebenen der dreiflächigen Ecke, welche als Einlage in das Polyeder-Kaleidoskop dient, sind daher nur je vier dreieckige Grenzflächen anzugeben: von den Seiten des innersten Dreiecks sind zwei geradlinig, eine kreisförmig, von denjenigen der beiden dazwischen liegenden Dreiecke eine geradlinig und zwei kreisförmig. Diese Seiten sind nach dem Verfahren der stereographischen Projection unter Benutzung der in Formel (1) angegebenen Werte für die Seiten und Winkel mit Leichtigkeit zu construieren.

Die auf diese Weise hergestellte Einlage giebt in dem Polyeder-Kaleidoskop ein anschauliches Bild der sämtlichen 120 Elementartetraeder; insbesondere liefert das innerste Tetraeder allein das Bild des regulären in 24 Tetraeder zerlegten Grenzpolyeders des regulären sphärischen Fünfcells.

II. Gruppe des regulären 16- und 8-Zells.

Die Symmetrie-Hauptkugeln des hierhergehörigen sphärischen Zellgewebes (II) sind einmal vier Hauptkugeln α_{1-4} , welche zu einander orthogonal sind und die Hypersphäre in 16 reguläre sphärische Tetraeder zerteilen (die diesem Gewebe ein- und umgeschriebenen Polytope sind bez. das reguläre 16- und 8-Zell), ferner die 12 Hauptkugeln β_{1-12} , welche die Winkel und Nebewinkel je zweier Hauptkugeln α halbieren. Diese 4 + 12 Hauptkugeln α und β schneiden sich

zu je vieren	$(\alpha\alpha\beta\beta)$	in 6	Hauptkreisen	E, E' ,
„ „	dreien	$(\beta\beta\beta)$	„ 16	„ K' ,
„ „	zweien	$(\beta\beta)$	„ 12	„ $E^{(1)}, E^{(1)'}$,
„ „	„	$(\alpha\beta)$	„ 24	„ D ;

die Schnittpunkte derselben sind:

4 Punkte $\mathfrak{A}$ und deren Gegenpunkte $\mathfrak{A}'$, in denen sich $\left\{ \begin{array}{l} 3 \text{ Hauptkugeln } \alpha \\ 6 \quad \quad \quad \beta \end{array} \right.$
 12 „ $\mathfrak{B}$ „ „ „ $\mathfrak{B}'$, „ „ „ $\left\{ \begin{array}{l} 2 \quad \quad \alpha \\ 3 \quad \quad \beta \end{array} \right.$
 16 „ $\mathfrak{D}$ „ „ „ $\mathfrak{D}'$, „ „ „ $\left\{ \begin{array}{l} 1 \quad \quad \alpha \\ 3 \quad \quad \beta \end{array} \right.$
 8 „ $\mathfrak{C}$ „ „ „ $\mathfrak{C}'$, „ „ „ 6 „ β
 vereinigen.

Jede der Hauptkugeln α und β wird durch die Hauptkreise in bestimmter Weise regelmässig eingeteilt; insbesondere ist die auf einer Hauptkugel α entstehende Figur genau das durch die $(3 + 6)$ Symmetrie-Ebenen eines regulären Oktaeders oder Hexaeders auf einer concentrischen Kugelfläche erzeugte sphärische Netz.

Durch die vier Hauptkugeln α und die 12 Hauptkugeln β , welche bez. die Polarhauptkugeln zu den Punkten $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ sind, wird die Hypersphäre in 384 Elementartetraeder mit je einem Eckpunkt $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{D}$, $\mathfrak{C}$ und den Seitenflächen β_i , β_k , β_l , α_m geteilt. Die Elemente eines solchen sphärischen Tetraeders $\mathfrak{T}^{(2)}$ sind in der nachfolgenden Zusammenstellung (3) angegeben:

Centriwinkel einer sphärischen Kante:	Haupt- kreis:	Neigungswinkel der Hauptkugeln in dieser Kante:
$\left\{ \begin{array}{l} \mathfrak{A} \mathfrak{B} = 45^\circ \\ \mathfrak{C} \mathfrak{D} = 30^\circ \\ \mathfrak{A} \mathfrak{C} = 60^\circ \\ \mathfrak{D} \mathfrak{B} = 90^\circ - \eta \\ \mathfrak{A} \mathfrak{D} = \eta \\ \mathfrak{B} \mathfrak{C} = 45^\circ \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} E \\ K' \\ K' \\ D \\ D \\ E^{(1)} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_m \hat{\alpha}_l = 45^\circ \\ \beta_i \hat{\beta}_k = 60^\circ \\ \beta_l \hat{\beta}_k = 60^\circ \\ \beta_i \hat{\alpha}_m = 90^\circ \\ \beta_k \hat{\alpha}_m = 90^\circ \\ \beta_i \hat{\beta}_l = 90^\circ \end{array} \right.$

Neigungswinkel der Hauptkreise:

$\left\{ \begin{array}{l} \mathfrak{D} \hat{\mathfrak{A}} \mathfrak{C} = 90^\circ - \eta \\ \mathfrak{C} \hat{\mathfrak{A}} \mathfrak{B} = \eta \\ \mathfrak{B} \hat{\mathfrak{A}} \mathfrak{D} = 45^\circ \\ \mathfrak{D} \hat{\mathfrak{C}} \mathfrak{B} = \eta \\ \mathfrak{B} \hat{\mathfrak{C}} \mathfrak{A} = \eta \\ \mathfrak{A} \hat{\mathfrak{C}} \mathfrak{D} = 180^\circ - 2\eta \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \mathfrak{D} \hat{\mathfrak{B}} \mathfrak{C} = 45^\circ \\ \mathfrak{C} \hat{\mathfrak{B}} \mathfrak{A} = 90^\circ \\ \mathfrak{A} \hat{\mathfrak{B}} \mathfrak{D} = 90^\circ \\ \mathfrak{B} \hat{\mathfrak{D}} \mathfrak{C} = 90^\circ \\ \mathfrak{C} \hat{\mathfrak{D}} \mathfrak{A} = 90^\circ \\ \mathfrak{A} \hat{\mathfrak{D}} \mathfrak{B} = 60^\circ \end{array} \right.$
---	---

Hierbei hat η den in Formel (2) angegebenen Wert.

Um jeden der	8 Punkte	$\mathfrak{A}, \mathfrak{A}'$	liegen	48 Elementartetraeder,
„ „ „	24	„ $\mathfrak{B}, \mathfrak{B}'$	„	16 „ ,
„ „ „	32	„ $\mathfrak{D}, \mathfrak{D}'$	„	12 „ ,
„ „ „	16	„ $\mathfrak{C}, \mathfrak{C}'$	„	24 „ .

Das Zusammenfassen von je 24 um einen Punkt $\mathfrak{C}$ herumliegenden Elementartetraedern ergibt das reguläre Gewebe, dessen Eckpunkte, Kanten-, Flächen- und Polyeder-Mittelpunkte bez. die Punkte $\mathfrak{A}, \mathfrak{B}, \mathfrak{D}, \mathfrak{C}$ sind und welchem das reguläre 16-Zell ein-, das reguläre 8-Zell umgeschrieben ist.

Durch Zusammenfassen von je 48 um einen Punkt $\mathfrak{A}$ herumliegenden Elementartetraedern resultiert das dem vorigen conjugierte reguläre Gewebe, dessen Eckpunkte, Kanten-, Flächen- und Polyeder-Mittelpunkte bez. die Punkte $\mathfrak{C}, \mathfrak{D}, \mathfrak{B}, \mathfrak{A}$ sind und welchem das reguläre 8-Zell ein-, das reguläre 16-Zell umgeschrieben ist.

Das durch Zusammenfassen von je 16 in einem Punkte $\mathfrak{B}$ zusammenstossenden Elementartetraedern entstehende reguläre Gewebe mit den Eckpunkten $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{C}$ und den Polyedermittelpunkten $\mathfrak{B}$, welchem ein reguläres 24-Zell ein- und umgeschrieben werden kann, wird genauer unter III betrachtet werden.

Endlich resultiert durch Vereinigung von je 12 in einem Punkte $\mathfrak{D}$ zusammenstossenden Elementartetraedern das feste gleichzellige Gewebe dieser Gruppe, welches von 32 congruenten dreiseitigen sphärischen Doppelpyramiden begrenzt ist und dessen Eckpunkte die Punkte $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{C}$ sind. Das diesem gleichzelligen Gewebe zugeordnete feste gleicheckige Gewebe, dessen Eckpunkte die 32 Punkte $\mathfrak{D}, \mathfrak{D}'$ sind, wird von 16 regulären Tetraedern und acht sphärischen Kubooktaedern begrenzt, von welchen sich je zwei Tetraeder und drei Kubooktaeder in einer Ecke vereinigen.

Wenn im Innern eines der 384 Elementartetraeder ein beliebiger Punkt angenommen wird und die übrigen 383 homologen Punkte construiert werden, so wird das allgemeinste gleicheckige Gewebe dieser Gruppe erhalten, welchem das ent-

sprechende gleicheckige und gleichzellige Polytop bez. ein- und umgeschrieben ist und aus welchem für specielle Lagen des angenommenen Punktes weitere specielle Gewebe und Polytope resultieren.

In der stereographischen Projection des sphärischen Gewebes (II) für einen Punkt $\mathfrak{A}'$ (oder $\mathfrak{A}$) als Projectionspunkt stellen sich die $3 + 6$ durch diesen Punkt gehenden Hauptkugeln α und β als die $3 + 6$ durch den Punkt a (die Projection von $\mathfrak{A}'$) hindurchgehenden Symmetrie-Ebenen eines regulären Oktaeders (oder Hexaeders) dar. Die vierte Hauptkugel α projiziert sich als die um den Mittelpunkt a mit dem Radius 1 beschriebene Kugel $\mathfrak{K}$, während die sechs übrigen Hauptkugeln β als Kugeln sich darstellen, welche mit dem Radius $= \sqrt{2}$ von den sechs Oktaederpunkten der ersteren Kugel aus als Mittelpunkten beschrieben sind.

Jede der 48 dreiflächigen Ecken mit dem gemeinsamen Scheitel a (eine Polyeder-Kaleidoskop-Ecke mit den Neigungswinkeln 90° , 60° , 45° der spiegelnden Innenflächen) enthält acht projizierte Elementartetraeder, von denen die vier im Innern der Kugel $\mathfrak{K}$ vom Radius 1 liegenden sich symmetrisch in Beziehung auf diese Kugel zu den vier anderen ausserhalb derselben liegenden Tetraedern verhalten. Das innerste und das äusserste (dessen Eckpunkt a' im Unendlichen liegt) dieser acht Tetraeder hat drei ebene und eine kugelförmige, die übrigen 2.3 Tetraeder haben je zwei ebene und zwei kugelförmige Seitenflächen. Auf den Innenseiten der drei Ebenen der dreiflächigen Ecke, welche als Einlage in das Polyeder-Kaleidoskop dient, sind hiernach nur 2×3 dreieckige Grenzflächen anzugeben; von den Seiten des innersten und äussersten Dreiecks sind zwei geradlinig, eine kreisförmig, von denjenigen der 2.2 dazwischensliegenden Dreiecke eine geradlinig und zwei kreisförmig. Auch hier sind diese Seiten nach dem Verfahren der stereographischen Projection unter Benutzung der in Formel (3) angegebenen Werte für die Seiten und Winkel leicht zu construieren.

Man erhält auf diese Weise in dem Polyeder-Kaleidoskop ein anschauliches Bild der sämtlichen 384 Elementartetraeder; das innere Tetraeder allein ergiebt das Bild des regulären in 48 Tetraeder zerlegten sphärischen Hexaeders, welches das Grenzpolyeder des regulären sphärischen 8-Zells ist; die vier inneren Tetraeder vereinigt geben das Bild des regulären sphärischen Oktaeders, welches sich aus 8 Grenzpolyedern des regulären sphärischen 16-Zells zusammensetzt.

III. Gruppe des regulären 24-Zells.

Die Symmetriehauptkugeln des hierhergehörigen sphärischen Zellgewebes sind die vier Hauptkugeln α_{1-4} , die zwölf Hauptkugeln β_{1-12} des Gewebes (II), ausserdem aber noch acht Hauptkugeln γ_{1-8} , die Polarhauptkugeln der Punkte $\mathfrak{C}$, welche durch je sechs Punkte $\mathfrak{B}$ und deren Gegenpunkte und durch je drei Punkte $\mathfrak{C}$ und deren Gegenpunkte hindurchgehen. Diese $4 + 12 + 8$ Hauptkugeln schneiden sich (vgl. unter II)

zu je vieren	$(\alpha\alpha\beta\beta)$	in den	6 Hauptkreisen	$E, E',$
„ „ „	$(\beta\beta\gamma\gamma)$	„ „	12	„ $E^{(1)}, E^{(1)'}$,
„ „ dreien	$(\beta\beta\beta)$	„ „	16	„ $K',$
„ „ „	$(\alpha\gamma\gamma)$	„ „	16	„ $K,$
„ „ zweien	$(\alpha\beta)$	„ „	24	„ $D, D',$
„ „ „	$(\beta\gamma)$	„ „	48	„ $D^{(1)}, D^{(1)'}$,

während die Schnittpunkte derselben sind:

4 Punkte $\mathfrak{A}$ und deren Gegenpunkte $\mathfrak{A}'$, in denen sich						{ 3 Hauptkugeln		α
						{ 6		β
						{ 2		α
12	„	$\mathfrak{B}$	„	„	„	{ 3	„	β
							„	γ
						{ 4		β
						{ 6		γ
8	„	$\mathfrak{C}$	„	„	„	{ 3	„	α
							„	β
						{ 1		γ
16	„	$\mathfrak{D}$	„	„	„	{ 3	„	α
							„	β
						{ 1		γ
32	„	$\mathfrak{D}^{(1)}$	„	„	„	{ 3	„	β
							„	α
						{ 1		γ
48	„	$\mathfrak{D}^{(2)}$	„	„	„	{ 1	„	β
							„	α
						{ 2		γ

vereinigen.

Auf jeder der vier Hauptkugeln α , der acht Hauptkugeln γ und der zwölf Hauptkugeln β entsteht durch $3 + 6 + 4 = 13$ der Hauptkreise dieselbe Einteilung, nämlich:

auf α und γ bezw.

$$\left. \begin{array}{ll} \text{durch 3 Hauptkreise } E, E^{(1)} & \left\{ \begin{array}{l} \text{mit 3 Schnittpkt. } \mathfrak{A}, \mathfrak{C} \text{ und deren Gegenpkt.,} \\ \text{,, 6 ,, } D, D^{(1)} & \left\{ \begin{array}{l} \text{,, 4 ,, } \mathfrak{D}, \mathfrak{D}^{(1)} \text{ ,, ,, ,, ,} \\ \text{,, 6 ,, } \mathfrak{B} \text{ ,, ,, ,, ,} \\ \text{,, 12 ,, } \mathfrak{D}^{(2)} \text{ ,, ,, ,, ,} \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right\}$$

auf β durch

$$\left. \begin{array}{ll} 1 \text{ Hauptkr. } E, 2 \text{ Hauptkr. } E^{(1)} & \left\{ \begin{array}{l} \text{mit 3 Schnittpunkten } \mathfrak{B} \text{ und deren Gegenpkt.,} \\ 2 \text{ ,, } D, 4 \text{ ,, } D^{(1)} & \left\{ \begin{array}{l} \text{,, 4 ,, } \mathfrak{D}^{(2)} \text{ ,, ,, ,, ,} \\ \text{,, 2 Schnpkt. } \mathfrak{A}, 4 \text{ Schnpkt. } \mathfrak{C} \text{ u. d. Ggp.,} \\ 4 \text{ ,, } K' & \left\{ \begin{array}{l} \text{,, 12 Schnittpkt. } \mathfrak{D}^{(1)} \text{ und deren Gegenpkt.} \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right\}$$

Durch die $4 + 8 + 12$ Hauptkugeln α , γ , β wird die Hyper-sphäre in 1152 Elementar-Tetraeder geteilt, indem jedes der 384 Tetraeder des Gewebes II in drei congruente Tetraeder durch je zwei Hauptkugeln γ zerlegt wird. Die Art der Zerlegung eines Tetraeders $\mathfrak{T}^{(2)}$ in drei Teiltetraeder $\mathfrak{T}_1^{(3)}$, $\mathfrak{T}_2^{(3)}$, $\mathfrak{T}_3^{(3)}$, sowie deren Beschaffenheit ist aus der nachfolgenden Zusammenstellung und der Angabe ihrer Elemente ersichtlich (vgl. Formel (3)):

$$\left. \begin{array}{ll} \mathfrak{T}_1^{(3)} \dots \mathfrak{A} \mathfrak{B} \mathfrak{D}^{(1)} \mathfrak{D}^{(2)} \dots \gamma_r \beta_k \alpha_m \beta_l & \\ \mathfrak{T}_2^{(3)} \dots \mathfrak{C} \mathfrak{B} \mathfrak{D}^{(1)} \mathfrak{D}^{(2)} \dots \gamma_r \beta_k \gamma_s \beta_l & \\ \mathfrak{T}_3^{(3)} \dots \mathfrak{C} \mathfrak{B} \mathfrak{D} \mathfrak{D}^{(2)} \dots \alpha_m \beta_k \gamma_s \beta_l & \end{array} \right\} (4\alpha)$$

Centriwinkel einer sphärischen Kante:

Hauptkreis:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \overline{\mathfrak{A} \mathfrak{B}} = \overline{\mathfrak{C} \mathfrak{B}} = \overline{\mathfrak{C} \mathfrak{D}} = 45^\circ \dots \dots \dots E \text{ oder } E^{(1)} \dots \dots & \\ \overline{\mathfrak{D}^{(1)} \mathfrak{D}^{(2)}} = \overline{\mathfrak{D}^{(1)} \mathfrak{D}^{(2)}} = \overline{\mathfrak{D} \mathfrak{D}^{(2)}} = 2\eta - 90^\circ \dots \dots D^{(1)} \text{ oder } D \dots \dots & \\ \overline{\mathfrak{A} \mathfrak{D}^{(1)}} = \overline{\mathfrak{C} \mathfrak{D}^{(1)}} = \overline{\mathfrak{C} \mathfrak{D}} = 30^\circ \dots \dots \dots K' \dots \dots & \\ \overline{\mathfrak{B} \mathfrak{D}^{(2)}} = \overline{\mathfrak{B} \mathfrak{D}^{(2)}} = \overline{\mathfrak{B} \mathfrak{D}^{(2)}} = 30^\circ \dots \dots \dots K \dots \dots & \\ \overline{\mathfrak{A} \mathfrak{D}^{(2)}} = \overline{\mathfrak{C} \mathfrak{D}^{(2)}} = \overline{\mathfrak{C} \mathfrak{D}^{(2)}} = 90^\circ - \eta \dots \dots \dots D \text{ oder } D^{(1)} \dots \dots & \\ \overline{\mathfrak{B} \mathfrak{D}^{(1)}} = \overline{\mathfrak{B} \mathfrak{D}^{(1)}} = \overline{\mathfrak{B} \mathfrak{D}} = 90^\circ - \eta \dots \dots \dots D \dots \dots & \end{array} \right\} (4\beta)$$

Neigungswinkel der Hauptkugeln in dieser Kante:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dots \widehat{\alpha_m \beta_l} = \widehat{\gamma_s \beta_l} = \widehat{\gamma_s \beta_i} = 45^\circ \\ \dots \widehat{\gamma_r \beta_k} = \widehat{\gamma_r \beta_k} = \widehat{\alpha_m \beta_k} = 90^\circ \\ \dots \widehat{\beta_k \beta_l} = \widehat{\beta_k \beta_l} = \widehat{\beta_k \beta_i} = 60^\circ \\ \dots \widehat{\gamma_r \alpha_m} = \widehat{\gamma_r \gamma_s} = \widehat{\alpha_m \gamma_s} = 60^\circ \\ \dots \widehat{\beta_k \alpha_m} = \widehat{\beta_k \gamma_s} = \widehat{\beta_k \gamma_s} = 90^\circ \\ \dots \widehat{\gamma_r \beta_l} = \widehat{\gamma_r \beta_l} = \widehat{\alpha_m \beta_i} = 90^\circ \end{array} \right\}$$

Neigungswinkel an den Ecken von $\mathfrak{T}_1^{(3)}$ (für $\mathfrak{T}_2^{(3)}$, $\mathfrak{T}_3^{(3)}$
(durch Vertauschung aus (4α) entsprechend zu erhalten):

$$\left. \begin{array}{l} \mathfrak{D}^{(2)} \widehat{\mathfrak{A}} \mathfrak{D}^{(1)} = 90^\circ - \eta \quad \mathfrak{D}^{(2)} \widehat{\mathfrak{B}} \mathfrak{D}^{(1)} = 90^\circ - \eta \quad \mathfrak{D}^{(2)} \widehat{\mathfrak{D}^{(1)}} \mathfrak{B} = 60^\circ \\ \mathfrak{D}^{(1)} \widehat{\mathfrak{A}} \mathfrak{B} = \eta \quad \mathfrak{D}^{(1)} \widehat{\mathfrak{B}} \mathfrak{A} = 45^\circ \quad \mathfrak{B} \widehat{\mathfrak{D}^{(1)}} \mathfrak{A} = 90^\circ \\ \mathfrak{B} \widehat{\mathfrak{A}} \mathfrak{D}^{(2)} = 45^\circ \quad \mathfrak{A} \widehat{\mathfrak{B}} \mathfrak{D}^{(2)} = \eta \quad \mathfrak{A} \widehat{\mathfrak{D}^{(1)}} \mathfrak{D}^{(2)} = 90^\circ \\ \mathfrak{B} \widehat{\mathfrak{D}^{(2)}} \mathfrak{D}^{(1)} = 90^\circ \\ \mathfrak{D}^{(1)} \widehat{\mathfrak{D}^{(2)}} \mathfrak{A} = 60^\circ \\ \mathfrak{A} \widehat{\mathfrak{D}^{(2)}} \mathfrak{B} = 90^\circ. \end{array} \right\} (4\gamma)$$

Wenn je 48 um jeden der 24 Punkte $\mathfrak{B}$ ($\mathfrak{B}'$) herumliegende Tetraeder $\mathfrak{T}^{(3)}$ zusammengefasst werden, so resultiert ein reguläres Gewebe, dessen Eckpunkte, Kanten-, Flächen- und Polyeder-Mittelpunkte bez. die Punkte $\mathfrak{A} + \mathfrak{C}$, $\mathfrak{D} + \mathfrak{D}^{(1)}$, $\mathfrak{D}^{(2)}$ und $\mathfrak{B}$ sind (vgl. unter II) und welchem ein reguläres 24-Zell sowohl ein- wie umgeschrieben werden kann. Durch das Zusammenfassen von je 48 um jeden der acht Punkte $\mathfrak{A}$ ($\mathfrak{A}'$) und der 16 Punkte $\mathfrak{C}$ ($\mathfrak{C}'$) herumliegenden Elementartetraedern $\mathfrak{T}^{(3)}$ wird ein dem ersten conjugiertes und congruentes reguläres Gewebe erhalten, dessen Eckpunkte, Kanten-, Flächen- und Polyeder-Mittelpunkte bez. die Punkte $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{D}^{(2)}$, $\mathfrak{D} + \mathfrak{D}^{(1)}$ und $\mathfrak{A} + \mathfrak{C}$ sind.

Wenn je zwölf in jedem der 96 Punkte $\mathfrak{D}^{(2)}$ ($\mathfrak{D}^{(2)'}$) oder in jedem der 32 Punkte $\mathfrak{D}$ ($\mathfrak{D}'$) und der 64 Punkte $\mathfrak{D}^{(1)}$ ($\mathfrak{D}^{(1)'}$) zusammenstossende Elementartetraeder vereinigt werden, so entsteht in beiden Fällen das feste gleichzellige Gewebe dieser Gruppe, welches von 96 congruenten, dreiseitigen sphärischen Doppelpyramiden begrenzt wird und deren jedem ein festes gleichheckiges Gewebe zugeordnet ist, bei welchem in jedem Eckpunkte drei sphärische Kubooktaeder (deren es $(8 + 16)$, bez. 24 giebt) und zwei reguläre sphärische Hexaeder (deren es 24, bez. $(8 + 16)$ giebt), zusammenstossen.

Wird im Innern eines der 1152 Elementartetraeder ein beliebiger Punkt angenommen, so bildet dieser mit den 1151 übrigen homologen Punkten die Eckpunkte des allgemeinsten gleichheckigen Gewebes dieser Gruppe.

Die stereographische Projection des sphärischen Gewebes (III) wird aus derjenigen des Gewebes (II) erhalten,

wenn noch die Projectionen der acht Hauptkugeln γ ausser den Projectionen der vier Hauptkugeln α und der zwölf Hauptkugeln β (vgl. unter II) construiert werden. Die Projectionen dieser acht Hauptkugeln γ für einen Punkt $\mathfrak{U}'$ als Projections-punkt sind acht Kugeln, welche mit dem Radius $=\sqrt{2}$ von den acht Hexaeder-Eckpunkten der Kugel $\mathfrak{K}$ aus beschrieben sind. Jedes der 384 projicierten Elementartetraeder des Gewebes (II) wird durch je zwei dieser Kugeln in drei Teiltetraeder, die Projectionen von $\mathfrak{Z}_1^{(3)}$, $\mathfrak{Z}_2^{(3)}$, $\mathfrak{Z}_3^{(3)}$ zerlegt. Die Seitenfläche $\mathfrak{B} \mathfrak{D} \mathfrak{C}$ (vgl. 4 α) bleibt hierbei ungeändert, während die beiden Seitenflächen $\mathfrak{A} \mathfrak{B} \mathfrak{C}$, $\mathfrak{A} \mathfrak{B} \mathfrak{D}$ in je zwei, die Seitenfläche $\mathfrak{A} \mathfrak{D} \mathfrak{C}$ in drei Teildreiecke zerlegt wird, deren Seiten in der stereographischen Projection sich theils geradlinig, theils kreisförmig darstellen.

Jede der 48 dreiflächigen Ecken mit dem gemeinsamen Scheitel $\mathfrak{b}$, derselben Polyeder-Kaleidoskop-Ecke, wie die bei II benutzte, enthält alsdann $3 \cdot 8 = 24$ projicierte Elementartetraeder, von denen die zwölf im Inneren der Kugel $\mathfrak{K}$ liegenden sich wiederum symmetrisch in Beziehung auf diese Kugel zu den zwölf anderen, ausserhalb derselben liegenden, verhalten.

Die Einteilungen der drei Ebenen der dreiflächigen Ecke, welche als Einlage in das Polyeder-Kaleidoskop dient, in die Teildreiecke, deren Seiten theils geradlinig, theils kreisförmig sind, ist leicht auszuführen. Um mit Hülfe des Polyeder-Kaleidoskopes ein vollständig anschauliches Bild des sphärischen Gewebes (III) zu erhalten, empfiehlt es sich, bei der Einlage auch die Theilungen der kugelförmigen Grenzflächen, welche in das Innere der dreiflächigen Ecke fallen, durch Einfügen der theilenden Kreisbogen sichtbar zu machen. Das reguläre sphärische Oktaeder, welche das Grenzpolyeder des sphärischen regulären 24-Zells bildet, lässt sich zufolge der obigen Betrachtungen auf zwei verschiedene Arten hierbei zur Anschauung bringen.

IV. Gruppe des regulären 600- und 120-Zells.

Das hierhergehörige sphärische Zellgewebe (IV) wird durch 60 Hauptkugeln $\beta_1\text{--}\beta_{60}$ gebildet¹⁾, welche sich

zu je fünf	in	72 Hauptkreisen	G ,
„ „ „	„	200	„ C ,
„ „ „	„	450	„ B

schneiden, während durch die Schnittpunkte, nämlich

die 60 Punkte $\mathfrak{B}$	und deren Gegenpunkte $\mathfrak{B}'$	je 15 Hauptkugeln β ,
„ 360 „ $\mathfrak{S}$	„ „ „	„ $\mathfrak{S}'$ „ 6 „ „
„ 600 „ $\mathfrak{R}$	„ „ „	„ $\mathfrak{R}'$ „ 4 „ „
„ 300 „ $\mathfrak{D}$	„ „ „	„ $\mathfrak{D}'$ „ 6 „ „

hindurchgehen.

Auf jeder Hauptkugel β liegen sechs Hauptkreise G , zehn Hauptkreise C und 15 Hauptkreise B , welche sich

zu je sechsen	$\left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ Hauptkr. } B \\ 2 \text{ „ } C \\ 2 \text{ „ } G \end{array} \right\}$	in 15 Punkten $\mathfrak{B}$ u. der. Gegenpunkten $\mathfrak{B}'$,
„ „ fünf	$\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ „ } G \end{array} \right\}$	„ 6 „ $\mathfrak{S}^{(1)}$ „ „ „ $\mathfrak{S}^{(1)'}$,
„ „ dreien	$\left\{ \begin{array}{l} 3 \text{ „ } B \end{array} \right\}$	„ 10 „ $\mathfrak{R}^{(1)}$ „ „ „ $\mathfrak{R}^{(1)'}$,
„ „ dreien	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ „ } B \\ 2 \text{ „ } C \end{array} \right\}$	„ 30 „ $\mathfrak{D}$ „ „ „ $\mathfrak{D}'$,
„ „ zweien	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ „ } B \\ 1 \text{ „ } G \end{array} \right\}$	„ 30 „ $\mathfrak{R}^{(2)}$ „ „ „ $\mathfrak{R}^{(2)'}$,
„ „ zweien	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ „ } B \\ 1 \text{ „ } G \end{array} \right\}$	„ 30 „ $\mathfrak{S}^{(2)}$ „ „ „ $\mathfrak{S}^{(2)'}$

schneiden. (Man vgl. die Fig. 29 in des Verf. „Einleitung in die Lehre von der Kugelteilung“, in welcher die stereographische Projection dieser sphärischen Figur für einen Projectionspunkt $\mathfrak{B}'$ dargestellt ist).

Durch die 60 Hauptkugeln β , welche die Polarhauptkugeln zu den Punkten $\mathfrak{B}$ sind, wird die Hypersphäre in 14 400 sphärische Elementartetraeder mit je einem Eckpunkte $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{S}$, $\mathfrak{R}$, $\mathfrak{D}$ geteilt, so dass

1) Vergl. E. Hess: Beiträge zur Theorie der mehrfach perspectiven Dreiecke und Tetraeder. Math. Ann. Bd. 28, S. 167, § 11.

um jeden der	120 Punkte	$\mathfrak{B} (\mathfrak{B}')$	je 120 dieser	Elementartetraeder,
" "	720	" $\mathfrak{S} (\mathfrak{S}')$	" 20	" "
" "	1200	" $\mathfrak{R} (\mathfrak{R}')$	" 12	" "
" "	600	" $\mathfrak{D} (\mathfrak{D}')$	" 24	" "

herumliegen.

Die Elemente eines solchen sphärischen Elementartetraeders $\mathfrak{T}^{(4)} \dots \mathfrak{B} \mathfrak{S} \mathfrak{R} \mathfrak{D} = \beta_a \beta_b \beta_c \beta_d$ sind in übersichtlicher Zusammenstellung die folgenden:

Centriwinkel inner sphärischen Kante:	Haupt- kreis:	Neigungswinkel der Hauptkugeln in dieser Kante:	Neigungswinkel der Hauptkreise:	} (5)
$\widehat{\mathfrak{B} \mathfrak{S}} = 18^\circ \dots G$	$\dots G$	$\widehat{\beta_c \beta_d} = 36^\circ$	$\mathfrak{R} \widehat{\mathfrak{B} \mathfrak{S}} = \varphi$	
$\widehat{\mathfrak{R} \mathfrak{D}} = 60^\circ - \zeta \dots C$	$\dots C$	$\widehat{\beta_a \beta_b} = 60^\circ$	$\mathfrak{S} \widehat{\mathfrak{B} \mathfrak{D}} = \chi$	
$\widehat{\mathfrak{B} \mathfrak{R}} = \psi \dots B$	$\dots B$	$\widehat{\beta_b \beta_d} = 90^\circ$	$\mathfrak{D} \widehat{\mathfrak{B} \mathfrak{R}} = \psi$	
$\widehat{\mathfrak{S} \mathfrak{D}} = 45^\circ - \varphi \dots B$	$\dots B$	$\widehat{\beta_a \beta_c} = 90^\circ$	$\mathfrak{S} \widehat{\mathfrak{R} \mathfrak{D}} = 90^\circ$	
$\widehat{\mathfrak{B} \mathfrak{D}} = \zeta - 30^\circ \dots C$	$\dots C$	$\widehat{\beta_b \beta_c} = 60^\circ$	$\mathfrak{D} \widehat{\mathfrak{R} \mathfrak{B}} = 90^\circ$	
$\widehat{\mathfrak{S} \mathfrak{R}} = \varphi - \psi \dots B$	$\dots B$	$\widehat{\beta_a \beta_d} = 90^\circ$	$\mathfrak{B} \widehat{\mathfrak{R} \mathfrak{S}} = 60^\circ$	
			$\mathfrak{B} \widehat{\mathfrak{S} \mathfrak{R}} = 90^\circ$	
			$\mathfrak{R} \widehat{\mathfrak{S} \mathfrak{D}} = 36^\circ$	
			$\mathfrak{D} \widehat{\mathfrak{S} \mathfrak{B}} = 90^\circ$	
			$\mathfrak{R} \widehat{\mathfrak{D} \mathfrak{B}} = 180^\circ - 2\eta$	
			$\mathfrak{B} \widehat{\mathfrak{D} \mathfrak{S}} = \eta$	
			$\mathfrak{S} \widehat{\mathfrak{D} \mathfrak{R}} = \eta$	

Hierbei haben ζ, η, φ die in Formel (2) angegebenen Werte; ausserdem ist

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} 2\varphi = 2, \operatorname{tg} \psi = \operatorname{tg}^2 \varphi = \frac{3 - \sqrt{5}}{2}, \operatorname{tg} \chi = 2 \operatorname{tg} \psi; \varphi + \chi + \psi = 90^\circ \\ \sin 2\psi = \cos \vartheta = \frac{2}{3}. \end{aligned} \right\} (6)$$

Werden die 24 um jeden der 600 Punkte $\mathfrak{D}, \mathfrak{D}'$ herumliegenden Elementartetraeder vereinigt, so resultiert ein reguläres, von 600 Tetraedern begrenztes Zellgewebe, dessen Eckpunkte, Kanten-, Flächen- und Polyeder-Mittelpunkte bez. die Punkte $\mathfrak{B}, \mathfrak{S}, \mathfrak{R}, \mathfrak{D}$ sind und welchem ein reguläres 600-Zell ein-, ein reguläres 120-Zell umgeschrieben ist.

Durch Zusammenfassen von je 120 um einen Punkt $\mathfrak{B} (\mathfrak{B}')$ herumliegenden Elementartetraedern entsteht ein reguläres, von 120 Pentagondodekaedern begrenztes Zellgewebe, dessen Eckpunkte, Kanten-, Flächen- und Polyeder-Mittelpunkte bez. die Punkte $\mathfrak{D}, \mathfrak{R}, \mathfrak{S}, \mathfrak{B}$ sind und welchem ein reguläres 120-Zell ein-, ein reguläres 600-Zell umgeschrieben ist.

Werden je 20 um einen der 720 Punkte $\mathfrak{Z}$ ($\mathfrak{Z}'$) oder je 12 um einen der 1200 Punkte $\mathfrak{R}$ ($\mathfrak{R}'$) herumliegende Elementartetraeder vereinigt, so entstehen zwei feste gleichzellige Gewebe: das erstere ist von 720 congruenten fünfseitigen sphärischen Doppelpyramiden begrenzt und hat die 120 Punkte $\mathfrak{B}$ ($\mathfrak{B}'$) und die 600 Punkte $\mathfrak{D}$ ($\mathfrak{D}'$) zu Eckpunkten, das zweite setzt sich aus 1200 congruenten dreiseitigen sphärischen Doppelpyramiden zusammen und hat ebenfalls die Punkte $\mathfrak{D}$ ($\mathfrak{D}'$) und $\mathfrak{B}$ ($\mathfrak{B}'$) zu Eckpunkten. Jedem dieser beiden gleichzelligen Gewebe ist ein festes gleichheckiges Gewebe zugeordnet: das erstere hat die 720 Punkte $\mathfrak{Z}$ ($\mathfrak{Z}'$) zu Eckpunkten und ist von 120 regulären Ikosaedern (mit den Mittelpunkten $\mathfrak{B}$ ($\mathfrak{B}'$)) und von 600 regulären Oktaedern (mit den Mittelpunkten $\mathfrak{D}$ ($\mathfrak{D}'$)) begrenzt; in jeder Ecke vereinigen sich zwei Ikosaeder und fünf Oktaeder; das zweite Gewebe hat die 1200 Punkte $\mathfrak{R}$ ($\mathfrak{R}'$) zu Eckpunkten und ist von 120 Pentagon-Ikosaedern ((12+20)flächigen 30 Ecken mit den Mittelpunkten $\mathfrak{B}$ ($\mathfrak{B}'$)) und von 600 regulären Tetraedern mit den Mittelpunkten $\mathfrak{D}$ ($\mathfrak{D}'$) begrenzt; in jeder Ecke vereinigen sich drei Dodeka-Ikosaeder und zwei reguläre Tetraeder.

Wenn im Innern eines der 14400 Elementartetraeder ein beliebiger Punkt angenommen wird und die diesem homologen Punkte für alle Tetraeder des Gewebes construiert werden, so resultiert das allgemeinste gleichheckige Gewebe dieser Gruppe, welchem das entsprechende gleichheckige und gleichzellige Polytop bez. ein- und umgeschrieben ist und aus welchem für specielle Lagen des angenommenen Punktes weitere specielle Gewebe und Polytope — auch höherer Art — erhalten werden können.

In der stereographischen Projection des sphärischen Gewebes (IV) für einen Punkt $\mathfrak{B}'$ (oder $\mathfrak{B}$) als Projectionspunkt stellen sich von den 60 Hauptkugeln β die 15 durch diesen Punkt gehenden Hauptkugeln als die 15 durch den Punkt $\mathfrak{B}$ (die Projection von $\mathfrak{B}'$) hindurchgehenden Symmetrieebenen eines regulären Ikosaeders (oder Pentagon-

dodekaeders) dar. Eine weitere 16te Hauptkugel β projiziert sich als die um den Mittelpunkt $\mathfrak{B}$ mit dem Radius 1 beschriebene Kugel $\mathfrak{K}$, von den übrigen 44 Hauptkugeln β stellen sich $2 \cdot 12 = 24$ als Kugeln dar, deren Mittelpunkte zu je vieren, symmetrisch zu dem Mittelpunkte $\mathfrak{B}$ auf den sechs fünfzähligen Axen (Projectionen von sechs Hauptkreisen G) liegen, die anderen 20 als Kugeln, deren Mittelpunkte mit den 20 Pentagondodekaeder-Eckpunkten der Kugel $\mathfrak{K}$ zusammenfallen. Die hierdurch erhaltenen Einteilungen der 45 Kugeln und der 15 Ebenen (auf den letzteren entsteht die stereographische Projection der ersteren) sind bereits oben besprochen worden: eine Kugel bez. Ebene enthält $4 \cdot 120 = 480$ Teildreiecke.

Jede der 120 dreiflächigen Ecken mit dem gemeinsamen Scheitel $\mathfrak{B}$ (ein Polyeder-Kaleidoskop mit den Neigungswinkeln 90° , 60° , 36° an den Kanten B , C , G der spiegelnden Innenflächen) enthält 120 projizierte Elementartetraeder, von denen die 60 im Inneren der Kugel $\mathfrak{K}$ liegenden sich symmetrisch in Beziehung auf diese Kugel zu den 60 übrigen ausserhalb derselben liegenden Tetraedern verhalten. Die dreiflächige Ecke, welche als Einlage in das Polyeder-Kaleidoskop dient, wird mit den Einteilungen ihrer Innenseiten in die Teildreiecke mit geradlinigen und kreisförmigen Seiten einfach erhalten, wenn man von der stereographischen Projection der Kugel $\mathfrak{K}$ in die Ebene (vgl. die Fig. 29 in des Verf. Einleitung in die Lehre von der Kugelteilung) einen Quadranten (für den Mittelpunkt $\mathfrak{B}$) so als Netz benutzt, dass die den Quadranten einschliessenden Geraden B und die beiden in demselben von $\mathfrak{B}$ ausgehenden Geraden G , C als Kanten gewählt werden. Auch hier empfiehlt es sich (wie bei III), bei der Einlage auch die Teilungen der kugelförmigen Grenzflächen, welche in das Innere der dreiflächigen Ecke fallen, durch Einfügen der teilenden Kreisbogen sichtbar zu machen. Das innerste Teiltetraeder mit drei ebenen und einer kugelförmigen Grenzfläche giebt im Polyeder-Kaleidoskop das Bild des sphärischen Pentagondodekaeders, welches die Grenzfläche des sphärischen 120-Zells darstellt.

Schliesslich sei noch darauf hingewiesen, dass das Zellgewebe (IV) die Gewebe (I), (II), (III) enthält und dass speciell die regulären sphärischen Grenzflächen der regulären Gewebe der drei ersten Gruppen aus der betrachteten Einteilung einer der 60 Hauptkugeln β durch passende Vereinigung der sphärischen Elementardreiecke resultieren.

In derselben Sitzung (15. Juni 1898) sprach Herr Enderlen über:

Schicksal der in die Bauchhöhle verpflanzten Schilddrüse.

Seit durch die Mittheilungen von Weiss, Schönborn, Kocher und anderen bekannt wurde, dass nach totaler Entfernung der Schilddrüse beim Menschen und bei Thieren tödtlich verlaufende Tetanie oder Cacheria strumipriva eintreten kann, ist man bestrebt gewesen diesem üblen Ereignis entgegenzutreten.

Bei gutartigen Strumen gelingt es leicht eine genügende Menge von Schilddrüsengewebe zurückzulassen. Anders verhält es sich, wenn wegen einer bösartigen Neubildung das ganze Organ entfernt werden muss. Von den Versuchen auch hier Abhilfe zu schaffen nenne ich aus den letzten Jahren die Darreichung von Schilddrüsensubstanz und die Anwendung der verschiedenen Schilddrüsenpraeparate.

Aelteren Datums ist die Entdeckung von Schiff, dass eine beliebige Einschaltung der Schilddrüse in die Circulation eines thyreoidectomirten Thieres lebensverlängernde Eigenschaften entfaltet.

Von den verschiedenen Autoren, welche sich mit der Transplantation von Schilddrüsen beschäftigten will ich nur v. Eiselsberg, Gley und Christiani anführen. Ersterer berichtet, dass es ihm gelang Schilddrüsenhälften zwischen Fascie und Peritoneum einzuheilen und dass dann die Thiere die Entfernung der restierenden Hälften am Halse gut ertrugen. Wurde die eingeheilte Drüsenhälfte aber bei einer dritten Operation ent-

fernt, dann gingen die Thiere an acuter Tetanie zu Grunde. v. Eiselsberg kommt zu dem Schlusse, dass die transplantierte Drüse einheilen und funktionsfähig bleiben kann. v. Eiselsberg hat die transplantierten Drüsen auch histologisch untersucht und gab von dem Resultat einen kurzen Bericht.

Ausführlichere Mittheilungen über die Veränderungen welche die transplantierte Drüse erleidet liegen zur Zeit nicht vor.

Auf Veranlassung und mit reichlichster Unterstützung von Herrn Geheimrath Marchand habe ich an einer grösseren Reihe von Katzen und an einigen Hunden die Transplantation von Schilddrüsen in die Bauchhöhle vorgenommen. Ueber das Resultat erlaube ich mir kurz zu berichten (Anmerkung: Eine vorläufige Mittheilung erfolgte bereits im ärztlichen Vereine Augustsitzung 1897).

Entweder wurden beide Hälften gleichzeitig extirpirt, eingesehnt und verpflanzt, oder erst die eine Hälfte in die Bauchhöhle gebracht, die am Halse aber später total entfernt (also in 2 Zeiten operirt). Das Einschneiden wurde vorgenommen um einen möglichst grossen Theil der Drüse mit dem Bauchfell in Berührung zu bringen und so die Gefässversorgung der centralen Partien zu erleichtern.

Viele von den operirten Thieren, namentlich ganz junge und ganz alte Katzen gingen an acuter Tetanie zu Grunde. Manches mal traten einige Tage lang anhaltende Krämpfe auf, welche schwanden, um kurz vor dem Tode wieder zu kehren. Wieder andere Katzen zeigten keine Krämpfe, es stellte sich aber bei ihnen mehr oder weniger rasche Abmagerung ein, der sie nach verschieden langer Zeit erlagen. Einige endlich wiesen lange keine Veränderung auf, bis sie nach ein oder zwei Tage lang dauernden Krämpfen doch noch erlagen. Die Zeit welche zwischen der Verpflanzung (einer oder beider Hälften) und dem Tode verstrich schwankte zwischen 24 Stunden und einem halben Jahre. Es gelang nicht die Katzen am Leben zu erhalten obwohl die Drüsen, wie ich gleich hier vorwegnehmen will, einheilten und nicht resorbiert wurden. Ich stehe hier im Widerspruche

mit v. Eiselsberg. Dieser glaubte, dass er nach 3 Monaten auf Einheilung und dauernde Function der transplantierten Drüse rechnen könne und nahm nun die Exstirpation der eingehheilten Hälfte vor. Unsere Erfahrungen zeigten, dass die Katzen trotz eingehheilter Schilddrüse noch nach 3 und 6 Monaten zu Grunde gehen können. Hunde sind weniger zu Prüfung der Function der eingehheilten Drüse zu gebrauchen, da sich bei ihnen Nebenschilddrüsen in der Zungenbeingegend und am Aortenbogen befinden können, welche nach Entfernung der Hauptdrüse deren Funktion übernehmen. Histologisch freilich liefern sie dieselben Befunde wie die Katzen. Das Auffinden der transplantierten Stücke gelang meistens sehr leicht; vorwiegend lagen sie im Netz, dicht von demselben umhüllt; seltener gingen sie Verwachsungen mit der Bauchwandung oder den Organen der Bauchhöhle ein. In jedem Falle hatte eine mehr oder weniger starke Abnahme der Grösse stattgefunden, die entsprechend der Dauer zwischen Operation und Tod der Thiere deutlicher wurde.

Ich komme nunmehr zu den histologischen Veränderungen welche sich in der transplantierten Drüse oder Drüsenhälfte im Laufe der Zeit einstellten.

Die Schilddrüse erleidet infolge der Entnahme aus ihrem Lager eine starke Schädigung. Die letztere findet ihren Ausdruck in einer mehr oder weniger ausgedehnten Degeneration, welche schon nach 24 Stunden deutlich zu erkennen ist. Die letztere ist jedoch nicht in allen Theilen der Drüse gleichmässig ausgesprochen. Der Rand der Thyreoidea weist bei schwacher Vergrösserung wenigstens gut erhaltene Drüsensubstanz auf, während central Necrose besteht. Aber auch in den gut erhaltenen Randpartien lassen sich geschrumpfte Kerne nachweisen, die verwaschen tingirt sind und ein undeutliches Chromatingerüst besitzen. Daneben finden sich freilich auch einzelne Drüsenepithelien vor, welche karyokinetische Figuren aufweisen.

In der ersten Zeit bekämen wir demnach 2 Zonen, einen gut erhaltenen Randsaum und ein nekrotisches Centrum. Die Necrose wird im Laufe der ersten Tage immer deutlicher, mitten

in den blassgefärbten Partien kann man in einzelnen Fällen Colloidtropfen nachweisen. Es ist wohl selbstverständlich, dass ausser dem Drüsenepithel auch das Bindegewebe und die Gefässe degeneriren.

Gegen das Ende der ersten Woche tritt eine Änderung im Bilde ein (natürlich nicht plötzlich!). Die transplantierte Drüse ist mit der Nachbarschaft, Netz, Bauchwandung etc. adhaerent geworden. Von dem neuen Lager zieht Granulationsgewebe in die Drüse hinein, so dass statt der früher erwähnten zwei Zonen nunmehr 3 zu Stande kommen.

1. Aussen Drüsensubstanz, welche Follikel mit mehr oder weniger gut erhaltenem Epithel, Mitosen und Colloid aufweist.
2. Nach Innen zu Granulationsgewebe mit neuen Blutgefässen und vielen Kerntheilungsfiguren
3. central eine nekrotische Zone.

Bei der Erwähnung der Blutgefässe muss ich die Bemerkung machen, dass jedenfalls sehr viele neugebildet sind, dass aber zweifelloshne manchmal die alten Bahnen wieder in den Kreislauf einbezogen werden, indem sie mit den Gefässen der Umgebung in Verbindung treten.

Die nekrotische Zone erfährt durch das vordringende Granulationsgewebe eine zunehmende Einengung; der Saum von Drüsensubstanz, welcher am Rande der transplantierten Thyreoidea erhalten blieb, weist im Laufe der Zeit Veränderungen auf, welche auf progressive Vorgänge hindeuten. Man bemerkt Mitosen in dem Drüsenepithel (manchmal eine grosse Anzahl), dann aber auch solide Epithelzapfen, welche von den alten Follikeln ausgehen. Dieses neugebildete Epithel, welches keine bestimmte Anordnung, etwa zu Follikeln aufweist, kommt zwischen den alten Drüsensaum und das jugendliche Bindegewebe zu liegen, so dass nun 4 Zonen zu Stande kommen.

Die nekrotische Zone schwindet früher oder später, je nach der Grösse des Stückes; bei einem Hunde sah ich sie nach 23 Tagen noch von ziemlich beträchtlicher Ausdehnung.

Das jugendliche Bindegewebe nimmt ebenfalls an Menge ab infolge von Schrumpfung, während von der Randzone her Epithel neugebildet wird. Die neugebildeten Epithelmassen mit den zwischenliegenden Capillaren sind am besten mit den sogenannten Epithelkörperchen zu vergleichen. Reichlich ist das neugebildete Epithel nach 4–5 Wochen vorhanden. Im weiteren kommt es in dem gewucherten Epithel zur Follikelbildung, welche von der Peripherie nach dem Centrum hin fortschreitet. Mitosen kann man in dem Epithel noch nach zwei Monaten constatiren.

Betrachtet man den Schnitt aus einer Drüse, welche längere Zeit in der Abdominalhöhle geweilt hatte, so findet man am Rande grosse colloidhaltende Follikel, (bei Hunden in Form von langen Schläuchen mit hohem Cyliinderepithel); nach Innen zu nehmen sie an Grösse ab, schliesslich findet man nur solide kleine Follikel ohne Colloidsubstanz. Der Kern der transplantierten Drüse wird von Bindegewebe gebildet, in welchem noch nach $\frac{1}{2}$ Jahre reichlich Blutpigment nachzuweisen ist. Bemerkenswerth war in einigen Fällen die grosse Weite der Lymphräume, in welchen Colloidmassen lagen.

Die sogenannten Epithelkörperchen zeigen in der ersten Zeit ebenfalls Degenerationerscheinungen, welche in der Mitte der Körperchen am deutlichsten ausgesprochen sind. Es kommt bei ihnen bald zu einer Epithelwucherung, so dass meist nur ein schmaler central gelegener Bindegewebstreifen mit Pigment daran erinnert, dass hier Veränderungen stattgefunden haben. Ich glaube aus den Untersuchungen folgende Schlüsse ziehen zu dürfen:

1. *In der transplantierten Drüse findet eine ausgedehnte Degeneration statt, welche nur den Rand intact lässt.*
2. *Von den Randpartien geht eine Regeneration aus, es wird reichlich neues Drüsenepithel gebildet.*
3. *Das Epithel ist anfangs regellos, ähnlich wie in den Epithelkörperchen.*

4. *Das Epithel ordnet sich im Laufe der Zeit zu Follikeln an und producirt Colloid.*
5. *Am Rande sind die ältesten, central die jüngsten Follikel.*
6. *An der Gefäßversorgung beteiligten sich junge Gefäße, welche von Aussen kommen, zum Theil werden die alten Bahnen wieder wegsam.*
7. *Die transplantierte Drüse heilt ein functionirt aber nicht dauernd, wofür auch die am Menschen gemachten Erfahrungen von Kocher, Bircher und Anderen sprechen.*
Die ausführliche Arbeit erscheint in den Mittheilungen aus den Grenzgebieten der Medicin und Chirurgie Bd. III, Heft 3.
Sie ist seit März 1898 abgeschlossen. Ich würde nach dem Berichte in dem medicinischen Verein (August 1897) keine weiteren Daten gegeben haben, wenn nicht vor Kurzem eine vorläufige Mittheilung von Sultan (Centralblatt für allgemeine Pathologie und pathologische Anatomie Bd. 9, N. 10 1898. Zur Histologie der transplantierten Schilddrüse) erschienen wäre, welche die von mir erhobenen und beschriebenen Befunde vollkommen bestätigt.

In der Sitzung vom 15. Juni sprach weiter Herr F. Kutscher:

Ueber das Antipepton.

Bekanntlich wird von Kühne angenommen, dass das Eiweissmolekül sich aus zwei Gruppen zusammensetzt, der stabilen Anti- und der leicht zersetzlichen Hemigruppe. Beim Abbau des Eiweissmoleküls durch das proteolytische Ferment der Bauchspeicheldrüse, das Trypsin, sollen sich nun als Endprodukte der Antigruppe Antipepton, der Hemigruppe Leucin, Tyrosin, Asparaginsäure, Ammoniak etc. bilden.

Veranlasst durch die übereinstimmenden Lösungs- sowie Fällungsverhältnisse des Antipeptons und des neuerdings¹⁾ bei

1) S. Hedin, Du Bois-Reymonds Archiv, 1891, Physiol. Abt. S. 273.

Trypsinverdauung aufgefundenen Lysins, welche wahrscheinlich machten, dass das Antipepton Lysin beigemengt enthalten musste, untersuchte ich nach Kühne dargestelltes durch Phosphorwolframsäure gereinigtes Antipepton. Aus demselben liessen sich zunächst mit Hilfe der von Kossel¹⁾ ansgearbeiteten Methode die steten Begleiter des Lysins das Histidin und Arginin gewinnen. Ihre Menge betrug ungefähr die Hälfte des zur Untersuchung verwandten »gereinigten Antipeptons«. Mit der Auflösung der zweiten Hälfte des Antipeptons, die noch das Lysin enthalten muss, bin ich zur Zeit beschäftigt.

Diese Befunde waren insofern von Wichtigkeit, als sie die Angaben Siegfrieds²⁾ und Balkes³⁾, nach welchen das Antipepton ein chemisches Individuum von der Formel $C_{10}H_{15}N_3O_5$ sein sollte, zweifelhaft machten. Ich untersuchte daher ein nach den Angaben Balkes dargestelltes Antipepton. Dasselbe wurde von mir noch durch Umfällung mit Phosphorwolframsäure gereinigt. Wie zu erwarten war zeigte auch das nach Balke dargestellte gereinigte Antipepton die gleichen Verhältnisse wie das Kühnesche. Histidin und Arginin liessen sich mit Hilfe der Methoden Kossels ohne Schwierigkeit in reichlicher Menge nachweisen. Ausserdem fanden sich im Filtrat der Phosphorwolframfällung Leucin, Tyrosin und eine organische Säure (wahrscheinlich Asparaginsäure) in nicht unbeträchtlicher Menge.

1) Kossel, Diese Sitzungsberichte vom 16. März 1898 und Ztschr. f. physiol. Ch., Bd. 25, S. 165.

2) Siegfried, Du Bois-Reymond's Archiv, 1894, Phys. Abth. S. 401.

3) Balke, Zeitschr. für physiol. Chemie, Bd. XXII, S. 250.

In der auf die wissenschaftliche Sitzung vom 18. Mai folgenden Geschäftssitzung erstattete der zeitige Vorsitzende (Herr F. Marchand) Bericht über die Thätigkeit und die Personalveränderungen der Gesellschaft.

Die Gesellschaft verlor durch den Tod ausser ihrem einheimischen ausserordentlichen Mitglied V. Hüter (vgl. Sitzung

vom 8. 12. 97) und ihrem Ehrenmitglied Rudolf Leuckart (vgl. Sitzung vom 14. 2. 98) ihre auswärtigen, ehemaligen ausserordentlichen Mitglieder Geh. Hofrath Dr. Rudolf Schmitt (als Privatdocent der Chemie und Assistent am chemischen Institut in Marburg aufgen. 15. 1. 64, später Professor der Chemie am Königl. Polytechnicum zu Dresden, gestorben zu Radebeul bei Dresden am 18. 2. 98) und Dr. Hermann Kaemmerer (als Privatdocent der Chemie und Assistent am chemischen Institut zu Marburg aufgenommen 24. 8. 66, später Professor und Direktor des chem. Laboratoriums des Gewerbe-Museums zu Nürnberg, gestorben zu München am 10. 4. 98).

Am 15. Juni wurde Exc. Wirkl. Geh. Rat Herr Robert von Bunsen in Heidelberg zum Ehrenmitglied der Gesellschaft erwählt.

Aufgelegte Schriften:

- 24., 25., 26., 27., 28. Bericht der Philomathie in Neisse. Neisse 1888—97.
 Leopoldina Heft XXXIII Nr. 11 u. 12, Heft XXXIV Nr. 1.
 Icones florae Germanicae et Helveticae. Auct. J. Reichenbach. Tom. 23, 9/10 Dec.
 Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der Rheinlande. Jahrg. 54, 1. Hälfte. Bonn 1897.
 Sitzungsberichte der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn. 1897, 1. Hälfte. Bonn 1897.
 10. Jahresbericht des Vereins für Naturwissenschaft in Braunschweig. Braunschweig 1897.
 4 Abhandlgn. der Gesellsch. Flora in Dresden. Dresden 1896/97.
 Sitzungsberichte des ärztlichen Vereins in München. VI, 1896. München 1897.
 Sitzungsberichte der Gesellsch. für Morphologie und Physiologie in München. XIII, 1897; Heft 1. München 1897.
 Verhandlungen des naturforsch. Vereins in Brünn. XXXV. Bd., 1896. XV. meteorolog. Bericht. Brünn 1897.
 Verhandlungen der k. k. geolog. Reichsanstalt 1897, Nr. 11—16. Fauna 1897. 7. Jahrgang. Luxemburg 1897.
 XXXXII. Bericht des Ver. für Naturk. in Kassel. Kassel 1897.
 Zeitschrift f. Naturwissenschaften. Bd. 70, Heft 3. Leipzig 1898.
 39. Jahrg. der Verhandlungen des botanischen Vereins der Prov. Brandenburg. Berlin 1897.

- Verhandl. der Berliner medic. Gesellsch., Bd. XXVIII. Berlin 1898.
W. Brandes, Flora des Provinz Hannover. Hannover 1897.
Katalog der Vogelsammlung des Prov.-Museums in Hannover:
»Säugetiere«. Hannover 1897.
Festschrift der naturhist. Gesellsch. in Hannover. Hannover 1897.
Abhandlungen der Senkenberg. naturforschenden Gesellschaft.
Bd. 21, Heft 1. Bd. 24, Heft 1. Frankfurt a. M. 1897.
Tromsøe Museum. Aarshefter 18. Aarsberetning 1894.
Tromsøe 1896/97.
Johns Hopkins University Circulars vol. XVII, Nr. 132. Baltimore.
Proceedings of the Royal Society of New South Wales. Mai-
October 1897.
Report of the U. S. Naval Observatory 1894, 1897.
Washington 1895/97.
U. S. Geological Survey. 17th Report, part I & II. Washington 1896.
Journal of the New-York Microscopical Society. Vol. XIII,
Nr. 4. New-York 1897.
Bulletin of the New-York public library. Vol. II, Nr. 1.
New-York 1898.
American Naturalist. Vol. XXX, Nr. 371, 372.
Museum of comparative Zoology: Report 1896/97.
Bulletin vol. XXXI, Nr. 1, Nr. 5. Cambridge 1897.
Atti e Rendiconti dell' Accademia Medico-Chirurgica di Perugia.
Vol. IX, fasc. 3, 4. Perugia 1897.
Rendiconti dell' Accademia delle Scienze fisiche e matematiche
ser. 3. Vol. III, fasc. 11, 12. Napoli 1897.
Rendiconti della R. Accad. dei Lincei. Anno 294, 295. Vol. VI,
fasc. 10, 11, 12; vol. VII, fasc. 1, 2. Roma 1897.
Annotationes zoologicae iaponenses. Vol. I, part. IV. Tokyo 1897.
Nieuwe Verhandelingen van het betaafsch Genootschap te Rotter-
dam. 2. R., D. 1, 2. Rotterdam 1897.
Regenwaarnemingen in Nederlandisk India. Jaarg. 18. 1896.
Batavia 1897.
Observations at the Magnetical and Meteorological Observatory
at Batavia. Vol. XIX. Batavia 1897.
Wind and Weather etc. in the East Indian Archipelago (durch
das preussische Kultusministerium). Battavia 1897.
Bulletin de la Société impériale des Naturalistes de Moscou.
1897. Nr. 2. Moscou 1897.
Entomologisk Tidskrift. Arg. 18, Heft 1—4. Stockholm 1897—98.
Memoirs and Proceedings of the Manchester literary and philo-
sophical Society. Vol. 42, part. 1. Manchester 1898.
Reiche Sendung von kleineren und grösseren Abhandlungen von
der Universität in Upsala.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften

zu

M a r b u r g.

N^{ro.} 6

Juli

1898

In der wissenschaftlichen Sitzung vom 13. Juli 1898 sprach
Herr F. Müller über

Die Chemie des Mucins und der Mucoide.

Aus dem Mucin werden bekanntlich beim Kochen mit Säuren reducirende Substanzen abgespalten. Vor zwei Jahren konnte ich bereits in dieser Gesellschaft über Untersuchungen berichten,¹⁾ welche die Natur dieser reducirenden Stoffe aufzuklären suchten. Diese Studien sind unterdessen fortgesetzt worden.

Der damals eingeschlagene Weg war folgender: Das aus Sputum dargestellte Mucin wurde mit 3procentiger Salzsäure einige Stunden lang gekocht. Die neben den reducirenden Substanzen als Abspaltungsproducte auftretenden Albumosen und Peptone wurden zuerst mit essigsaurem Eisen, dann in neutraler Lösung mit Gerbsäure entfernt. Die überschüssige Gerbsäure wurde aus dem Filtrat mit Bleiacetat, dieses mit Schwefelwasserstoff abgeschieden. Bei dreimaliger Wiederholung dieses Gerbsäurefällungs-Verfahrens gelang es schliesslich, die reducirende Substanz ziemlich vollständig von eiweissartigen Stoffen zu befreien. Aber dieses Verfahren, das viele Tage in Anspruch nahm,

1) Cf. diese Berichte 1896, Juli Nr. 6, pag. 53—76.

hatte grosse Nachtheile. Es zeigte sich, dass dabei ein grosser Theil, ja zwei Drittel und mehr der reducirenden Substanz verloren ging. Allein das längere Stehenlassen der sauren Lösung genügte, um den Gehalt an reducirender Substanz erheblich zu vermindern. Da ein Theil des verlorenen Reductionsvermögens durch abermaliges Kochen restituirt werden konnte, so muss man annehmen, dass bei längerem Stehen in eiweiss- oder albumosenhaltiger Lösung eine Art von Condensation des Zuckers vielleicht mit eiweissartigen Stoffen stattgefunden hatte.

Es war ein Fortschritt, als sich herausstellte, dass die mühsame, zeit- und materialraubende Entfernung der Eiweisstoffe gar nicht nöthig war, und dass es bei der nun folgenden Benzoylirung trotzdem gelang, ein reines Product zu erhalten. Es war ursprünglich nicht möglich gewesen, die Benzoylverbindung des Zuckers in reinem krystallinischem Zustand zu erhalten. Der Fehler lag darin, dass zur Reinigung von anhaftenden Aschebestandtheilen, von überschüssigem Benzoylchlorid und beigemengter Benzoesäure wiederholtes Ausfällen der in Alkohol gelösten Substanz durch Eintragen in Wasser verwendet worden war. Wasser spaltet aber nicht geringe Mengen von Benzoesäure ab und es werden dadurch die höher benzoylirten, krystallisationsfähigen Verbindungen in harzartige, weiche, niedriger benzoylirte verwandelt. Als die Reinigung mit Wasser ganz unterblieb, schied sich aus der heiss bereiteten Lösung der Benzoylverbindung bei längerem Stehen ein krystallinischer Bodensatz in ziemlich grosser Menge ab. Diese Krystalle sind nur in heissem Alkohol löslich, krystallisiren beim Erkalten alsbald wieder aus und lassen sich dadurch leicht weiter reinigen. Nach wiederholtem Umkrystallisiren wurde ein weisses seidenartig glänzendes Präparat erhalten, das aus radiär angeordneten bis centimeterlangen Nadeln bestand. Es schmolz, je häufiger es umkrystallisirt wurde desto höher, bei 203 bis 212°. Bei der Elementaranalyse fanden sich Anfangs Zahlen, welche mit den für Tetrabenzoylglucosamin berechneten übereinstimmten, je weiter aber das Präparat gereinigt wurde, desto mehr näherten sie sich den für Pentabenzoylglucosamin berechneten Werthen und zeigten schliesslich mit diesen genügende Übereinstimmung.

Gefunden:				Berechnet für:		
	I.	II.	III.	IV.	Tetrabenzoyl- glucosamin	Pentabenzoyl- glucosamin
C	69,0	69,45	69,52	70,11	68,57	70,38
H		4,88	5,02	5,02	4,87	4,73
N	2,27		2,38		2,35	2,00

Es war also ausser den vier Hydroxylgruppen auch die NH_2 -Gruppe benzoylirt worden.

Die Versuche, aus der Benzoylverbindung den Zucker selbst zu gewinnen, stiessen auf die grössten Schwierigkeiten, und es wurden mehrere Monate lang vergeblich alle möglichen Methoden durchprobt: Verseifung mit Natriumaethylat oder mit gasförmiger Salzsäure, Darstellung der Methyl- oder Aethylglucoside und ähnliches. Nachdem eine Erhitzung mit ganz verdünnter Salzsäure im zugeschmolzenen Rohr bis 110° eine vollständige Zerstörung der Substanz unter Kohlebildung ergeben hatte, gelang es endlich auf folgende einfache, von E. Fischer angegebene Weise zum Ziel zu kommen: Die Benzoylverbindung des Zuckers wurde mit Salzsäure vom spec. Gewicht von 1100 in das Rohr eingeschlossen, im Wasserbad bei 100° 48 Stunden lang erwärmt und dabei häufig kräftig umgeschüttelt. Nach Öffnung des Rohrs wurde die Flüssigkeit durch viermaliges Ausschütteln mit Aether von der abgeschiedenen Benzoesäure befreit. Neue Schwierigkeiten erhoben sich bei den Versuchen aus der stark salzsäurehaltigen Lösung die Salzsäure zu entfernen und den Zucker zu gewinnen. Abdampfen bei 40 bis 50° im Vacuum oder Behandlung mit Bleicarbonat oder frisch gefälltem Silberoxyd brachten immer sehr grossen Verlust an reducirender Substanz mit sich; Alkalien waren ausgeschlossen, weil sich Alkalisalze wegen der Ähnlichkeit ihrer Lösungsverhältnisse später vom Zucker durch Umkrystallisiren nur schwierig und unvollkommen mehr trennen. Besser führte das folgende Verfahren zum Ziel: Die salzsäurehaltige Zuckerlösung wurde in flachen Schalen unter die fast geschlossene Thüre des Abzuges gestellt, dessen Flamme Tag und Nacht einen starken Luftzug erzeugte. Nach einer Reihe von Tagen war die Salzsäure abgedampft und der Zucker blieb krystallinisch zurück. Durch Abwaschen mit conc. Alkohol, Auf-

lösen in Wasser und wiederholtes Umkrystallisiren konnte er gereinigt und in harten, stark glänzenden, bis erbsengrossen Krystallen erhalten werden. Die Elementaranalyse ergab:

Gefunden:		Berechnet für:	
		salzsaures Glucosamin	
C	32,96 %		33,4 %
H	6,53 %		6,82 %
N	6,44 %		6,5 %

Die krystallographische Untersuchung, welche Herr Geheimrath Bauer und Herr Dr. Schwandtke im hiesigen mineralogischen Institut vorzunehmen die Güte hatten, ergab, dass diese Krystalle identisch waren mit denen des salzsauren Glucosamins, das Ledderhose aus Hummerpanzern dargestellt hatte, und auch die Bestimmung des optischen Drehungsvermögens der wässrigen Lösung ergab Zahlen, welche mit den von Ledderhose gefundenen identisch waren; es fand sich nämlich eine Rechtsdrehung von $69,5^\circ$ für α_D .

Darnach kann wohl kaum ein Zweifel sein, dass die aus Mucin darstellbare reducirende Substanz mit dem Glucosamin identisch ist, und der von mir früher vorgeschlagene Name Mucosamin ist demnach überflüssig.

Nur eine Thatsache scheint damit nicht in Einklang zu stehen: das Osazon, welches sich nach dem Kochen des Mucins, mit verdünnter Salzsäure aus der sorgfältig enteimissten Flüssigkeit gewinnen liess, zeigte trotz gründlicher Reinigung und mehrmaligen Umkrystallisirens einen Schmelzpunkt von $192-196^\circ$. Es war leicht in Alkohol und auch etwas in Wasser löslich und eine Auflösung von 0,1 g dieses Osazons in Eisessig ergab keine Linksdrehung.

Aus dem gewöhnlichen Glucosamin (aus Hummerpanzern) lässt sich dagegen, wie Tiemann angegeben hat, dasselbe Glucosazon gewinnen, welches auch aus Dextrose, Laevulose und der Mannose erhalten wird. Dieses Glucosazon dreht links, zeigt eine geringere Löslichkeit in Alkohol und heissem Wasser und hat einen Schmelzpunkt von $204-205^\circ$.

Diese Angabe von Tiemann, dass aus Glucosamin gewöhnliches Glucosazon erhalten wird, ist deswegen von grosser Be-

deutung, weil sie die Hauptgrundlage für die Aufstellung der stereochemischen Formel des Glucosamins abgibt. Man hat unter der Annahme, dass das Glucosamin zu den Aldehydzuckern gehört, daraus den Schluss gezogen, dass die Amidogruppe der Aldehydgruppe benachbart stehen müsse und dass der übrige Theil des Glucosaminmoleküls dieselbe stereochemische Anordnung zeige als in der Glucose, der Mannose und Laevulose. Eine weitere Consequenz wäre freilich diejenige gewesen, dass durch die Einwirkung salpetriger Säure auf Glucosamin (wodurch die NH_2 -Gruppe durch eine Hydroxyl-Gruppe ersetzt wird) entweder der Mannose oder Dextrose erhalten worden wäre. Das ist aber nicht der Fall; wie E. Fischer und auch Küny gezeigt haben, wird durch salpetrige Säure aus Glucosamin ein Syrup erhalten, der sich von Dextrose und Mannose schon durch den Mangel von Gährungsvermögen und auch noch in anderen Punkten unterscheidet, von dem es aber überhaupt zweifelhaft erscheinen muss, ob er den gewöhnlichen Hexosen zuzurechnen ist, weil er mit Phenylhydrazin kein wohl characterisirtes Osazon liefert.

Da Tiemann, soviel aus seiner Mittheilung zu ersehen ist, die Identität des Osazons aus Glucosamin mit dem Glucosazon nur auf die Schmelzpunktbestimmung stützt, und da der Werth der Schmelzpunktbestimmung für die Unterscheidung der Osazone nicht zu hoch veranschlagt werden darf, so habe ich gewöhnliches Glucosamin aus Hummerpanzern ebenfalls auf Osazon verarbeitet. Es liess sich dabei die schon von Tiemann und von Küny hervorgehobene Thatsache bestätigen, dass die Abscheidung des Osazons auffallend langsam erfolgt. Aus einem Gramm Glucosamin wurden nach 2 stündigem Kochen nur 0,076 g Osazon erhalten. Nach fünf- bis siebenstündigem Erwärmen im Wasserbad wurden aus 3 g Glucosamin wenig über 1 g eines prachtvoll krystallisirten strohgelben Osazons gewonnen. Davon lenkten 0,1 g in 12 cc Eisessig gelöst die Ebene des polarisirten Lichtes im 1 dm Rohr um $0,6^\circ$ nach links ab. Auch sonst zeigte dieses Osazon alle Eigenschaften des zum Vergleich dargestellten Osazons aus Traubenzucker und erwies sich als verschieden von meinem Osazon aus Mucin. Herr Professor Emil Fischer, dem ich mein Präparat übersandte, hatte die grosse Liebenswürdig-

keit, es einer Untersuchung zu unterwerfen; er sprach sich bestimmt dahin aus, dass es vom Glucosazon verschieden sei, und glaubte in ihm Galactosazon zu erkennen.

Wenn wir also nach den zuverlässigen krystallographischen Methoden und nach dem specifischen Drehungsvermögen die Identität unseres Glucosamins aus Mucin mit dem aus Hümmerpanzern annehmen dürfen und andererseits sehen, dass die mit Phenylhydrazin daraus dargestellten Derivate verschieden sind, so stehen wir hier vor einem Räthsel, zu dessen Erklärung zwei Möglichkeiten herangezogen werden können: Einmal wird man daran denken müssen, dass aus so complicirt zusammengesetzten Flüssigkeiten, wie sie die mit HCl gekochten Mucinlösungen trotz der thunlichsten Entfernung der eiweissartigen Körper darstellen dürften, weniger reine und nur schwer zu reinigende Phenylhydrazinverbindungen erhalten werden als bei Anwendung eines reinen Ausgangspräparates. Zweitens aber liegt die Möglichkeit nahe, dass unter den Zersetzungsproducten des Mucins ausser dem Glucosamin noch ein anderer kohlehydratartiger Körper vorhanden ist, der ein niedriger schmelzendes und nicht drehungsfähiges Osazon liefert. Der Umstand, dass Schmiedeberg im Knorpel neben dem Glucosamin die Anwesenheit von Glucuronsäure wahrscheinlich gemacht hat, wies darauf hin, auch im Mucin nach Glucuronsäure zu fahnden. Zwar lässt sich nach dem Kochen des Mucins mit Salzsäure in dem Filtrat durch Zusatz überschüssigen Baryts eine geringe Menge eines Niederschlages erzielen, aber dieser färbt sich beim Kochen nicht citronengelb und liefert nach Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure eine weder optisch active noch reducirende Lösung. Dieser negative Ausfall der Prüfung auf Glucuronsäure ist aber deswegen von geringer Bedeutung, da Thierfelder gezeigt hat, dass Glucuronsäure durch Kochen mit Salzsäure unter Bildung einer mit der Tetrinsäure isomeren Säure zerlegt wird. Wichtiger ist der Umstand, dass beim Kochen von Mucin mit starker Salzsäure im Destillat kein oder jedenfalls keine irgendwie nennenswerten Mengen von Furfurol nachzuweisen sind. Glucuronsäure gibt dagegen, wie man sich leicht überzeugen kann, starke Furfurolreaction mit Salzsäure und Phloroglucin.

Zur Klärung dieser Fragen wird es vor allem nothwendig sein, reines Glucosamin aus Mucin auf Osazon zu verarbeiten. Da hierzu, wie oben erwähnt, ziemlich grosse Mengen des Ausgangsmaterials nöthig sind, so hat dieser Versuch bis jetzt noch nicht ausgeführt werden können.

Sowohl Ledderhose als Hoppe-Seyler und Winterstein haben bei der Zerlegung des Chitins und der Pilzcellulose neben Glucosamin auch constant erhebliche Mengen von Essigsäure auftreten sehen. Es lag nahe, auch unter den Zersetzungsproducten des Mucins darnach zu suchen. Es wurde deshalb beim Kochen des Mucins mit Salzsäure ein Kühler vorgelegt, das Destillat aufgefangen und qualitativ und quantitativ untersucht. Neben einer bereits im Kühlrohr sich flockig abscheidenden Substanz, die aus Aether in schönen gelben Nadeln umkrystallisirt werden konnte und sich als schwefelhaltig erwies, und neben einer gewissen Menge von Ameisensäure, die wohl aus der nebenher stattfindenden Laevulinsäureabspaltung herrührte, fanden sich im Destillat sehr erhebliche Mengen Essigsäure, und zwar $\frac{1}{2}$ bis 1 Molekül Essigsäure auf 1 Molekül reducirender Substanz. Die Essigsäure wurde als Silbersalz dargestellt, gewogen und analysirt. Da also neben dem Glucosamin constant Essigsäure als Spaltungsproduct aufzutreten scheint, so konnte man daran denken, ob nicht in der ursprünglich nicht reducirenden Muttersubstanz eine Acetylverbindung des Glucosamins vorlag. Ich habe deshalb durch Einwirkung von Essigsäureanhydrid auf Hummerpanzer-Glucosamin unter Zufügung von einer kleinen Menge von geschmolzenem Natriumacetat Tetra- und Pentaacetylglycosamin dargestellt, das in der Form von prachtvoll krystallisirenden weissen Nadeln erhalten wurde. Aber es zeigte sich, dass dies Acetylglucosamin ganz andere Eigenschaften und Lösungsverhältnisse darbot als die Muttersubstanz des Glucosamins im Mucin, nämlich das sogenannte thierische Gummi von Landwehr.

Das thierische Gummi, dieses nicht reducirende Zwischenproduct zwischen dem Mucin und den reducirenden Substanzen, ist unterdessen von dem früheren Assistenten der Poliklinik, Herrn Dr. Weydemann, weiter studirt worden. Er hat eine

Methode gefunden, um sehr viel grössere Ausbeuten dieser Substanz zu erhalten, als dies nach der Landwehr'schen Methode möglich war. Das thierische Gummi wird dabei als ein schneeweisses amorphes Pulver erhalten, das beim Kochen mit Säuren 60—80 % reducirender Substanz (als Glucosamin berechnet) liefert. Es zeigt die Eigenschaften einer Säure und hat einen (von Landwehr offenbar übersehenen) Stickstoffgehalt von 8—10 %. Die Hoffnung, auf diesem Wege einen gut definirten Körper von constanter Zusammensetzung zu erhalten, hat sich leider nicht erfüllt. Auch gab das Präparat stets noch in geringem Grade die Biuretreaction.

Nachdem die Methoden zur Darstellung der reducirenden Substanzen aus dem Mucin so sehr viel einfacher und ergiebiger geworden waren, lag es nahe, sie auch auf andere Glycoproteide anzuwenden.

Schon im Jahre 1890 hatte ich die Beobachtung gemacht, dass Eiereiweiss, auch wenn man es sorgfältig vom anhaftenden Traubenzucker reinigt, nach Kochen mit verdünnter Salzsäure eine reducirende Substanz liefert. Da ich damals diesen Zucker nicht näher zu characterisiren vermochte, so unterliess ich eine Publication. Einige Jahre darauf beschrieb Mörner unter dem Namen Ovomucoid eine schleimähnliche Substanz, die sich aus dem Filtrat des durch Erhitzen coagulirten Eiereiweisses gewinnen liess, und die mit Säuren gekocht eine reducirende Substanz unbekannter Art lieferte. Pavy, dem diese Arbeit Mörnern unbekannt geblieben zu sein scheint, konnte aus den reducirenden Spaltungsproducten des Eiereiweisses ein krystallisirendes Osazon gewinnen.

Herr Seemann, den ich veranlasste diese reducirenden Substanzen aus dem Eiereiweiss nach den oben beschriebenen Methoden zu untersuchen, konnte nachweisen, dass im Ovomucoid die durch Säuren abspaltbare reducirende Substanz (mit Fehling'scher Lösung titirt und als Glucosamin berechnet) 29 bis 34 % der Trockensubstanz ausmacht, also ebensoviel als im Mucin des Sputums. Aus dem gereinigten und von Ovomucoid möglichst befreiten Eieralbumin liessen sich 9 % der Trockensubstanz Zucker abspalten. Die reducirenden Substanzen beider Körper

wurden getrennt verarbeitet, es stellte sich jedoch heraus, dass sie identisch waren, und zwar konnte aus beiden ein schön krystallisirendes Pentabenzoylglucosamin vom Schmelzpunkt 212° und schliesslich das krystallinische Chlorhydrat des Glucosamins dargestellt werden, das, wie die krystallographische Untersuchung durch Herrn Dr. Schwandtke zeigte, mit dem aus Hummerpanzern und aus Mucin dargestellten Glucosamin identisch war.

Da auch aus dem Submaxillarismucin des Rindes dasselbe Glucosamin erhalten wurde, so haben wir also in ihm einen im Thierreich weit verbreiteten Paarling der Eiweisskörper zu erkennen, dessen weiteres Studium nun wesentlich vereinfacht ist und wohl der Mühe lohnen dürfte.

Zum Schluss möchte ich kurz über Untersuchungen berichten, welche Herr Dr. Luthje angestellt hat.

Da es so leicht gelang, eine schön krystallisirende Acetylverbindung des Glucosamins darzustellen, so veranlasste ich Herrn Dr. Luthje, auch die Acetylverbindungen anderer Zucker zu studiren, in der Hoffnung, dadurch ein Verfahren zu gewinnen, um schwer darstellbare oder schwer unterscheidbare Zuckerarten aus Harn und Gewebsflüssigkeiten zu isoliren und zu characterisiren.

Es gelang Herrn Dr. Luthje, krystallinische Acetylderivate der Dextrose, Maltose, Lactose, Galactose nicht nur bei Anwendung reiner Substanz, sondern auch aus dem zur Trockne abgedampften Harn darzustellen. Die Krystallform und der Schmelzpunkt sind allerdings nicht so charakteristisch, dass dadurch ohne weiteres eine Unterscheidung dieser Zuckerarten mit Sicherheit getroffen werden könnte.

Auch das Arabinoseacetat konnte in krystallinischen Wäzchen erhalten werden. Leider hat sich aber bis jetzt unsere Erwartung nicht erfüllt, dadurch ein Verfahren zu gewinnen, um die Pentosen aus dem Harn bei der sogenannten Pentosurie zu isoliren.

Die Angabe, dass sich in manchen pathologischen Harnen (z. B. von Morphinisten) sowie unter den Zersetzungsproducten der Nucleoalbumine Pentosen finden, ist bis jetzt nur auf den positiven Ausfall der Furfurolreaction und den niedrigen Schmelzpunkt sowie die Elementaranalyse der Osazone begründet. Nun

kommt aber der Furfurolnachweis durchaus nicht allein den Pentosen zu, sondern auch, was weniger bekannt zu sein scheint, der Glucuronsäure. Auf den Schmelzpunkt und selbst die Elementaranalyse der Osazone wird man aber dann nur geringen Wert legen dürfen, wenn es sich wie hier um so kleine Osazomenge handelt, dass eine gründliche Reinigung durch häufiges Umkrystallisiren nicht möglich war. Die oben erwähnten Erfahrungen am Mucin, Ovomucoid und Eieralbumin zeigen, wie vorsichtig man mit der Verwerthung des Schmelzpunktes und anderer Eigenschaften der Osazone sein muss, solange man von Gemischen und nicht von reinen Substanzen ausgeht. Der Nachweis der Pentosen im Harn und den Nucleoalbuminen kann solange noch nicht als sicher erbracht angesehen werden, als nicht einwandsfreiere Beweise dafür vorliegen. Es scheint aber, als ob zu diesem Zweck die Darstellung der Benzoyl- oder Benzolsulfoverbindungen geeigneter sei als die der Acetylverbindungen, schon aus dem Grunde, weil dabei das Eindampfen des Harns zur Trockne nicht nöthig ist. Das Benzolsulfochlorid, auf welches ich durch Herrn Prof. Kossel aufmerksam gemacht wurde, scheint zur Isolirung verschiedener Zucker aus wässrigen Lösungen dem Benzoylchlorid mindestens ebenbürtig zu sein.

In derselben Sitzung (13. Juli 1898) sprach Herr Toenniges über:

Die feineren Bauverhältnisse von *Opalina ranarum*.

Mit dem Studium der Encystirung und Conjugation von *Opalina ran.* beschäftigt, war ich gezwungen, den Bau und die Kernverhältnisse dieser Form einer näheren Prüfung zu unterziehen. Die in den nachfolgenden Zeilen kurz mitgetheilten Beobachtungen sind daher das Ergebniss einer mehr gelegent-

lichen Beschäftigung mit dem Gegenstande. Das Material erwies sich, da es ausserdem in grosser Menge zu Gebote stand, zur Untersuchung der Plasmastruktur, der Kerntheilungen und der Fortpflanzung nicht ungeeignet, so dass ich *Opalina ran.* meine Aufmerksamkeit speciell zuwandte. Nach meiner Auffassung liegt ein gewisser Werth der vorliegenden Untersuchung in der Art und Weise der Verarbeitung, da ich möglichst bestrebt gewesen bin, die Veränderungen und Umwandlungen, welche ein Organismus im Lauf der Zeit erfahren kann, in Rechnung zu ziehen. Es haben sich bei diesem Studium einige sehr wenig oder überhaupt nicht bekannte Thatsachen ergeben, welche ich der Oeffentlichkeit nicht vorenthalten möchte. Einige Punkte konnten von mir nur in ungenügender Weise aufgeklärt werden, was einerseits an der Schwierigkeit in der Behandlung des Objects selbst lag, andererseits standen sie zur Frage der Encystirung u. s. w. in zu geringer und unwesentlicher Beziehung, als dass ich ihnen grössere Mühe und Sorgfalt hätte zuwenden sollen.

Im Wesentlichen verdanke ich die Erweiterung der Kenntnisse über den feineren Bau von *Opalina ran.* der Verwendung grösserer Materials Mengen zum vergleichenden Studium, geeigneter Conservirungs- und Färbungsmethoden und der Verwendung des Mikrotoms zur Anfertigung möglichst dünner Schnitte. So wenig die Schnittmethode auch im Allgemeinen für Protozoen infolge der Kleinheit und Durchsichtigkeit der Objecte nöthig ist, so hat sie mir trotzdem bei *Opalina ran.* erhebliche Vortheile für das Studium der feineren Bauverhältnisse verschafft.

Protoplasmastruktur.

Die Beobachtungen über die feinere Struktur des Plasmas sind unter Heranziehung anderer Infusorien (*Bursaria*, *Nycthoterus*, *Balantidium*, *Stylonychia*, *Stentor*, *Paramecium*, *Nassula* etc.) zum Studium derselben ergänzt und erweitert worden. Ich werde demnächst in meiner ausführlichen Arbeit bei einer Anzahl von Infusorien den Nachweis einer wabigen Struktur des Plasmas führen, da ich mich von dem Vorhandensein einer solchen sicher überzeugt habe.

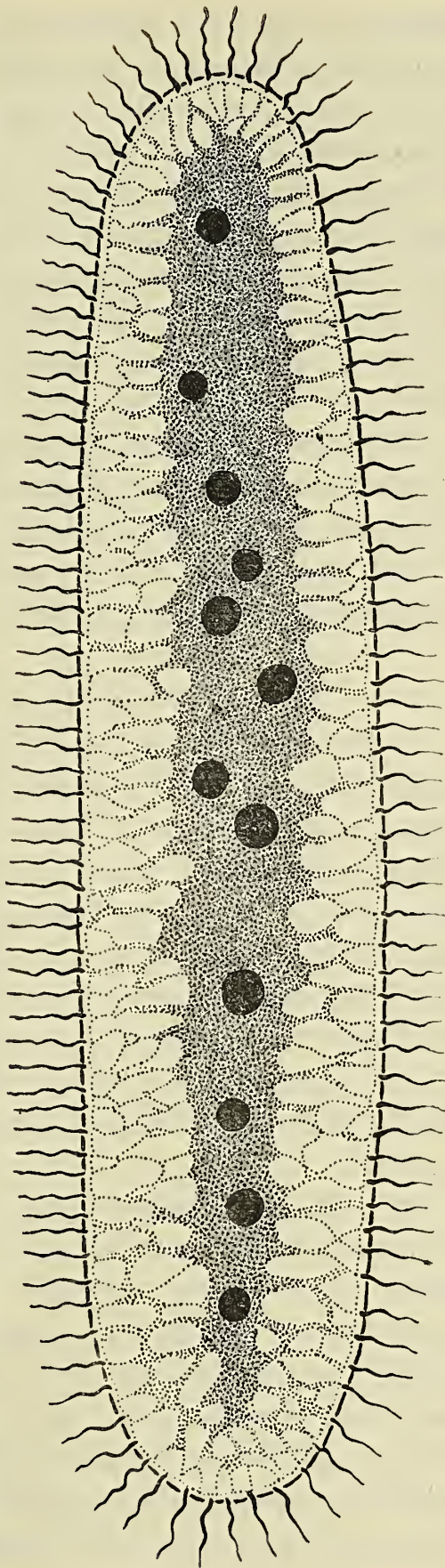
Das Protoplasma sämtlicher untersuchter Infusorien besitzt einen typischen Wabenbau im Sinne Bütschli's. Diese Struktur kommt in der ausgesprochensten Weise im Ectoplasma zur Geltung. Ein regelmässiges Maschenwerk von feinkörnigem Protoplasma, welches an den Berührungspunkten der einzelnen Maschen knotig verdickt oder doch verstärkt ist, wechselt mit mehr oder weniger stark ausgebildeten Vacuolen, welche die Interfilar-substanz der Autoren bilden, ab. Werden die Knotenpunkte des Maschenwerkes durch Einlagerung von Substanz verstärkt, so wird der typische Wabenbau verwischt, und es tritt allmählich eine mehr gleichmässige Beschaffenheit des Protoplasmas auf. Es verdichtet sich, wodurch der wabige Bau undeutlich wird. Daher kann die typische Wabenstruktur sehr wechseln, ohne dass wir darum genöthigt sein müssten, einen grundverschiedenen Bau des Plasmas anzunehmen. Wie die Zelle selbst durch Anpassung an ihre Funktion die verschiedensten Formen anzunehmen vermag, so kann auch der feinere Bau derselben mannigfache Veränderungen erleiden. Es mag hierin vielleicht die Ursache zu suchen sein, dass so grosse Meinungsverschiedenheiten über die Struktur des Protoplasmas verbreitet sind.

Wimpern.

Gleichmässig lange und starke Wimpern bedecken in Längsreihen angeordnet die Oberfläche von *Opalina ran.* Am vorderen Körperpol stehen die Wimpern, da die Rippenstreifen schmaler werden, bedeutend dichter. Die Stellung der Cilien in Längsreihen und ihre wechselnde Zahl ist durch die längsverlaufende Körperstreifung auf's Engste bestimmt. Die schon bei mittlerer Vergrösserung deutlich sichtbare Längsstreifung der Opalinen wird allein durch die Anordnung der Cilien hervorgerufen, da die kleinen, sich dunkler färbenden Punkte der Längsreihen, aus denen sich dieselben zusammensetzen, die Basen der Wimpern darstellen. Es wird nicht ganz zutreffend sein, zu behaupten, dass die Rippenstreifen nach dem vorderen Körperpol zu schmaler würden, denn betrachten wir die breiteren Streifen des Hinterendes etwas genauer und verfolgen den weiteren Verlauf derselben, so machen wir die Beobachtung, dass die

Streifen an Breite auch am vorderen Körperpol sich gleich bleiben, nur tritt ungefähr in der Mitte des Thieres eine Spaltung der Streifen ein, so dass am vorderen Körperpol ungefähr die doppelte Anzahl derselben vorhanden ist als wie am hinteren. Interessant sind die Beobachtungen über die Befestigung der Wimpern, durch die ich zu einer Ansicht gelangt bin, welche von der herrschenden Anschauungsweise wesentlich verschieden ist. Während bislang die Ansicht vertreten wurde, dass die Wimpern der Pellicula aufsassen, d. h. direkte Fortsätze derselben seien, durchsetzen sie nach meinen Beobachtungen, welche nicht nur an *Opalina ran.*, sondern ausserdem noch an einer ganzen Reihe anderer Infusorien gemacht wurden, die äussere Körperschicht und dringen für eine kurze aber deutliche Strecke in die unter der Cuticula liegende Alveolarschicht ein (siehe Textfigur).

Sie stehen mit dem Wabenwerk des Ecto- und Endoplasmas vermittelt feiner protoplasmatischer Fäden im innigsten Zusammenhang. Dicht unter der Pellicula verlaufen ausserdem noch sich kreuzende Fibrillen, auf deren Knotenpunkten die



Wimpern stehen und deren Contraktionen vermuthlich die Bewegung der Wimpern verursachen. Obgleich nicht sicher festzustellen war, dass die Geisseln in ihrer ganzen Länge gleichmässig dick sind, so ist es doch sehr wahrscheinlich, dass sie nur gegen das Ende zu ein wenig zugespitzt sind. Das Geissel- resp. Wimperplasma besitzt nicht, wie man es nach der Ansicht vieler Autoren anzunehmen scheint, eine homogene Struktur sondern besteht aus abwechselnd helleren und dunkleren Abschnitten, welche eine regelmässige Aufeinanderfolge erkennen lassen.

Was die Tingirbarkeit der Wimpern anbetrifft, so habe ich mit den gebräuchlichen Farbmitteln wie Haematoxylin, Boraxcarmin etc. nur eine schwache Färbung derselben erzielt, während sie sich mit Anilinfarben und mit Eisenalaun-Haematoxylin (Heidenhain) sehr stark färbten.

Einschlüsse des Plasmas.

Neben den zahlreichen Kernen kommen regelmässig im Entoplasma Gebilde in grösserer Menge vor, deren Natur vollständig unbekannt ist. Sie sind bereits bei Betrachtung des lebenden Thieres zu sehen, wo sie durch ihre grünliche Färbung bemerkbar werden. Sie sind viel kleiner wie die Kerne und sind in bedeutend grösserer Zahl als diese vorhanden. Ihre Gestalt scheint zumeist kreisrund zu sein, obgleich Abweichungen und Formveränderungen bereits im lebenden Thier festgestellt werden können. Sie erschienen den Beobachtern als helle, stark glänzende Plättchen, deren Inhalt als homogen betrachtet wurde.

Die Körner haben zumeist eine scheibenförmige Gestalt, welche jedoch stark wechseln kann, so dass wir die verschiedensten Formen unter ihnen antreffen. Sie können in die Länge gestreckt sein; sie können unregelmässige Formen zeigen und endlich Figuren, wie sie durch Theilungen hervorgerufen werden. Ausserdem unterscheiden sie sich sowohl in ihrer Grösse wie auch in der Menge ihres Auftretens von einander. Die Grössenverhältnisse speciell sind bedeutenden Schwankungen unterworfen, so dass wir bisweilen sehr kleine Körnchen, dann wieder solche

finden, die sich durch besondere Grösse auszeichnen. Sie kommen hauptsächlich, bei den meisten Individuen ausschliesslich, im Endoplasma vor, jedoch ist damit nicht ausgeschlossen, dass sie nicht hin und wieder in vereinzelter Form auch im Ectoplasma angetroffen werden können, wie ich es häufiger zu beobachten Gelegenheit hatte. Gewöhnlich pflegen die scheibenförmigen Körnchen in einer bestimmten Richtung, also keineswegs unregelmässig zu liegen, so dass wir bei einer bestimmten Schnittrichtung durch den Körper der Opalina entweder Flächen- oder Seitenbilder erhalten. Betrachtet man Opalina von der Fläche, so liegen auch die Scheiben flächenhaft ausgebreitet. Sie stehen in inniger Verbindung mit den Strängen des protoplasmatischen Netzwerkes und erleiden bei Zug- und Druckwirkungen derselben passive Verschiebungen. Nach Färbung mit Anilinfarbstoffen, welche von ihnen stark aufgenommen werden, weisen sie nur geringe Differenzirungen auf, so dass sie von früheren Beobachtern für homogen gehalten werden konnten. Wie wenig dieses zutrifft, bemerkt man auf Schnitten, welche nach der Eisenhaematoxylinmethode von Heidenhain behandelt worden sind.

Sie lassen in jedem Körnchen eine feinwabige Struktur erkennen, die jedoch infolge der Kleinheit des Objects nur wenige Waben umfasst. Die Membran färbt sich intensiv und ist am Rande der Scheibe stark verdickt, wie aus der Betrachtung eines seitlichen Schnittes deutlich hervorgeht. Dieser verdickte Ring ist auf beiden Seiten von einer dünnen Membran bedeckt. Was die Vertheilung der Körnchen im Plasma betrifft, so erwähnte ich schon ihr durchschnittliches, nahezu ausschliessliches Vorkommen im Endoplasma. Fernerhin liegen sie im vorderen Körperpol der Opalina ran. und an ihrer Peripherie in grosser Menge, um nach der Mitte und nach hinten zu an Zahl abzunehmen.

Von Bedeutung für die Auffassung der Natur der Körnchen muss ihre Fähigkeit angesehen werden, sich theilen zu können. Die Theilung ist eine direkte, indem das betreffende Körnchen eine länglichovale Gestalt annimmt, welche allmählich in eine Hantelfigur übergeht und schliesslich zwei Theilprodukte, die noch längere Zeit mittelst eines feinen Verbindungsfaden im Zu-

sammenhang bleiben, entstehen lässt. Diese Theilungen, welche sehr gut zu beobachten waren, sind sehr häufig und es ist hervorzuheben, dass sie bei ihrem Eintreten, die grösste Menge der Körnchen einer Opalina in Mitleidenschaft ziehen. Vor der Theilung tritt eine Verkleinerung des Körnchens auf, indem die Vacuolen in dem Innern verschwinden, die ganze Masse sich verdichtet, was durch die stärkere Färbbarkeit sichtbar wird und schliesslich in Theilung übergeht.

Die mikrochemischen Reaktionen waren wegen der Kleinheit des Objects nicht leicht ausführbar. Die Körnchen lösten sich weder in Alkohol, Aether, concentrirter Essigsäure noch in schwachen Mineralsäuren, verschwanden jedoch nach einiger Zeit bei Behandlung mit concentrirten Mineralsäuren, verdünntem Kali und Salzsäure. Osmiumsäure bringt eine starke Bräunung der Körnchen hervor. Ausserdem färben sie sich mit Anilinfarben sehr intensiv, stärker wie das Plasma und verhalten sich nach dieser Hinsicht ähnlich wie Kernsubstanz.

Die Bedeutung der Körner ist vorläufig vollständig unklar. Dass sie keine Excretkörner sein können, beweisen nicht nur die mikrochemischen Reaktionen, sondern auch in erster Linie ihre Theilungen, welche diese Annahme vollständig ausschliessen. Ob sie als parasitäre Organismen oder vielleicht als der in kleine Theilstückchen aufgelöste Makronucleus zu betrachten sind, müssen kommende Untersuchungen lehren.

Die Theilungen wurden zumeist auf Schnitten von grosser Dünne ($2\ \mu$.) untersucht und anfangs war ich, als mir zum ersten Male die Stadien zu Gesicht kamen, geneigt, sie für Resultate einer bestimmten Schnittrichtung anzusehen. Eingehendere Untersuchungen lehrten jedoch, dass auf denjenigen Schnitten, welche durch grössere Dicke die Körnchen ganz von Plasma umschlossen zeigten, ohne dass dieselben angeschnitten waren, die schönsten Theilungsstadien sichtbar waren. Ausserdem war mir das oben bereits erwähnte gleichzeitige Auftreten vieler Theilungen in einer Opalina eine weitere Stütze meiner Beobachtung.

Bei manchen Theilungsstadien hatte ich Gelegenheit, ein Gebilde zu beobachten, welches ausserordentlich einem Zwischenkörper ähnlich sah. Es war jedoch nicht konstant vorhanden.

Mitunter sind die Körnchen in so grossen Mengen vorhanden, dass man durch ihre dichte Lagerung die Struktur des Protoplasmas überhaupt nicht, die Kerne nur undeutlich erkennen kann. Obgleich es mir, wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich, nicht möglich war, die Natur der Körnchen festzustellen, so möchte ich doch den negativen Befund, dass sie sicher keine Excretkörner sind, hervorheben.

Meine Beobachtungen über die Kern- und Zelltheilung von *Opalina* erwähne ich hier nur in den Hauptergebnissen und werde sie später ausführlicher mittheilen.

Zusammenfassung.

1. *Pellicula*, *Ecto-* und *Endoplasma*, Kerne und die protoplasmatischen Einschlüsse des *Endoplasmas*, die sog. „Excretkörner“ weisen sämmtlich eine typisch wabige Struktur auf.

2. Die Wimpern durchbohren die *Pellicula* und stehen in innigem Zusammenhang mit dem protoplasmatischen Netzwerk des *Ecto-* und *Endoplasmas*. Dieser Wimperdurchtritt wurde an einer ganzen Anzahl von Infusorien mit Sicherheit festgestellt. Sämmtliche Wimpern sind durch ein System feinsten protoplasmatischer Fäden, welche dicht unter der *Pellicula* verlaufen, zu einem Netzwerk verbunden. Auf den Knotenpunkten dieses Netzwerkes entspringen die Wimpern.

3. Die sog. „Excretkörner“ im *Endoplasma* von *Opalina* *ran.* vermehren sich durch direkte Theilung und die mikrochemischen Reaktionen ergeben, dass sie keine Excretkörner sind.

4. Zell- und Kerntheilung von *Opalina* *ran.* stehen in keinem nachweisbaren Zusammenhang.

Es wurde neben Quertheilung vielfach typische Längstheilung beobachtet. Weiterhin sind alle Uebergänge von einer typischen Theilung bis zur Knospung nachweisbar. Conjugationen fanden, trotzdem die *Opalinen* daraufhin mehrere Jahre beobachtet wurden, niemals bei den vielkernigen Individuen im Rectum von *Rana temporaria* statt. Sie wurden bei soeben aus der Cyste ausgeschlüpften einkernigen *Opalinen* im Enddarm der Kaulquappe angetroffen.

5. *Die Kerntheilung muss als Karyokinese angesehen werden, da sowohl Chromosomen und Spindelbildung als auch Polplatten auftreten. Centrosomen resp. Polkörperchen wurden niemals aufgefunden. Neben der indirekten kommt bisweilen auch direkte Kerntheilung vor.*

Am 13. Juli 1898 berichtete ferner Herr Schenck:

Ueber die innere Reibung der krystallinischen Flüssigkeiten.

Die krystallinischen Flüssigkeiten werden allgemein aufgefasst als Krystalle mit kleiner, innerer Reibung, Messungen dieser Grösse sind bisher noch nicht ausgeführt, obgleich die Kenntniss derselben wichtige Aufschlüsse über die Natur dieser höchst merkwürdigen flüssigen Modificationen erhoffen lässt.

Der Vortragende hat diese Lücke ausgefüllt und die Beträge der inneren Reibung am *p*-Azoxyanisol und beim Cholesterylbenzoat gemessen. Die Bestimmungen geschahen in bekannter Weise mit der von Ostwald vorgeschlagenen Form der Reibungsröhren. Die genannten Körper wurden bei verschiedenen Temperaturen untersucht und zwar in beiden flüssigen Modificationen, in der anisotropen und in der isotropen, so dass direkte Vergleiche der beiden Flüssigkeitsarten möglich sind. Die Ergebnisse sind die folgenden: es bedeutet *t* die Temperatur der Messung, η die relative innere Reibung bezogen auf die Zähigkeit des Wassers bei 0°, welche gleich 100 gesetzt wird.

p-Azoxyanisol.

<i>t</i>	η	
118,5	141,4	} anisotrope Flüssigkeit
121,5	138,3	
131,1	131,7	
136,5	172,0	} isotrope Flüssigkeit.
151,8	133,6	

Cholesterylbenzoat.

<i>t</i>	η	
153,3	892,8	} anisotrop
169,2	620,7	
180,5	420,7	} isotrop.
216,0	218,7	

Beim *p*-Azoxyanisol sehen wir, dass die flüssigen Krystalle bedeutend weniger zähe sind, als die isotrope Modification, ein Verhalten, welches gänzlich unerwartet war.

Endlich spricht am 13. Juli 1898 Herr E. Korschelt über:

Regenerations- und Verwachsungsversuche an Regenwürmern.

Zur Vervollständigung der wenigen, in ihren Ergebnissen bereits früher an dieser Stelle mitgetheilten Regenerationsversuche an verschiedenen Lumbricidenspecies wurde seither eine grössere Zahl von Versuchen unternommen, durch welche jene Ergebnisse bestätigt und erweitert werden konnten. Es zeigten sich thatsächlich Theilstücke aus jeder Körpergegend bis zu einem gewissen Grade regenerationsfähig und von einigen dieser Stücke wurde die volle Segmentzahl des Wurmes wieder ergänzt. Solche wie auch Theilstücke aus den verschiedenen Körpergegenden werden im lebenden und conservirten Zustand vorgelegt, desgleichen werden Schnitte durch jüngere regenerirte Stücke demonstriert, um den Bau der Regenerate im Gegensatz zum Theilstück zu erläutern.

Die Verwachsungsversuche wurden ebenfalls fortgesetzt und es kann eine grosse Zahl von auto-, homo- und heteroplastischen Vereinigungen in normaler Stellung, Drehung um 180° , in gleich und entgegengesetzt gerichtetem Sinne (vereinigte Kopf- oder Schwanzenden), seitliche Einpflanzung von Kopf- oder Schwanzstücken, Parallelvereinigungen u. s. w. vorgelegt werden. Besonderer Werth wurde wegen der im ausgedehnten Masse angestellten Reizleitungsversuche auf die Vereinigung gleichnamiger Pole und auf die Einschiebung eines Mittelstücks zwischen zwei Hinterstücke gelegt. Desgleichen wurde eine grosse Zahl von Versuchen über die Vereinigung von Theilstücken verschiedener Arten angestellt. Obwohl dieselben bedeutend schwieriger auszuführen und am Leben zu erhalten sind, gelang doch eine Reihe von Versuchen und einige derselben wurden ebenfalls bei dieser Gelegenheit demonstriert.

Die Zusammenfügung und Verwachsung der verschiedenen Organe wurde durch einige Schnittserien erläutert. Genauerer über die Regenerations- und Transplantationsversuche soll an anderer Stelle mitgetheilt werden.

Aufgelegte Schriften:

29. Jahrgang des naturwissenschaftlichen Vereins in Greifswald.
Berlin 1898.
- Leopoldina, Heft XXXIV, Nr. 2—6.
Zeitschrift für Naturwissenschaften, Bd. 70, Heft 4—6.
Leipzig 1898.
- Hedwigia, Bd. 36. Inhaltsverzeichniss. Dresden 1897.
- Verhandlungen der K. K. geologischen Reichsanstalt 1897,
Nr. 17 u. 18. — 1898, Nr. 1—8.
- XXII. Jahresbericht der Gewerbeschule in Bistritz.
Bistritz 1897.
- Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga. Bd. 40.
Riga 1898.
- Bericht über die Thätigkeit der St. Gallischen naturwissenschaft-
lichen Gesellschaft. 1895/96. St. Gallen 1897.
- Rendiconti dell' Accademia della Scienze fisiche e matematiche.
Ser. 3, Vol. IV, fasc. 1—5. Napoli 1898.
- Rendiconti della R. Accademia dei Lincei. Vol. VII, fasc. 3—12,
Vol. VIII, fasc. 1. Roma 1898.
- Atti della R. Accademia dei Lincei. Anno 295. — Rendiconti
dell' Adnanza solenne. 12/6 1897. Roma 1898.
- Journal of the New York Microscopical Society. Vol. XIV, Nr. 1.
New York 1897.
- Proceedings of the Royal Society of New South Wales. November,
December 1897.
- 16th Annual Report of the Bureau of American Ethnology. 1894/95.
- 8th Report of the Missouri Botanical Garden. St. Louis 1897.
- Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia.
1897, Part. II u. III. Philadelphia 1897.
- Proceedings of the American philosophical Socie y. Vol. XXXV,
Nr. 153, 155. Vol. XXXVI, Nr. 156. Philadelphia 1897/98.
- Proceedings of the Boston Society of natural History. Vol. 28,
Nr. 1—5. Boston 1897.
- The American Naturalist. Vol. XXXII, Nr. 373—377.
Boston 1898.
-

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten
Naturwissenschaften

zu

M a r b u r g.

N^{ro.} 7

August

1898

In der wissenschaftlichen Sitzung vom 5. August 1898 sprach
Herr Karl Schaum:

Über Energieumwandlung im galvanischen Element.

Bald nach der Aufstellung des Prinzips von der Erhaltung der Energie hat man die Frage aufgeworfen: Woher stammt die elektrische Energie, welche uns ein galvanisches Element liefert? Im Anfang der fünfziger Jahre haben W. Thomson und Helmholtz die Frage dahin beantwortet, dass die chemische Energie der im Element bei Stromschluss sich abspielenden Vorgänge, gemessen durch die Wärmetönung, quantitativ in elektrische Energie übergehe. Da die elektrische Energie ausgedrückt wird durch das Produkt aus ihrem Kapazitätsfaktor ε , der Elektrizitätsmenge, und dem Intensitätsfaktor π , der elektromotorischen Kraft, so wäre die energetische Gleichung für das galvanische Element, wenn Q die Wärmetönung des chemischen Vorgangs bezeichnet:

$$\varepsilon \pi = Q. \quad (1)$$

Da die Messungen, welche am Daniellelement vorgenommen wurden, diese Gleichung rechtfertigten, zweifelte man nicht an ihrer Richtigkeit, bis vor etwa 16 Jahren experimentelle und theoretische Untersuchungen von Gibbs, Braun und Helmholtz ihre Unhaltbarkeit bewiesen und die Gleichung

$$\varepsilon \pi = Q + \varepsilon T \frac{d \pi}{d T} \quad (2)$$

für das galvanische Element aufstellten. Diese Formel ergibt sich aus der Anwendung des Helmholtzschen Satzes über die „freie Energie“, welcher lautet: „Bei jedem Naturvorgang ist die Abnahme der freien Energie, d. h. die Arbeit, welche der Vorgang zu leisten vermag, gleich der Abnahme der Gesamtenergie plus dem Produkt aus der absoluten Temperatur, bei welcher der Vorgang sich abspielt, und der Änderung der freien Energie mit der Temperatur“.

Dass die Formel (1) nicht richtig sein kann, werden folgende Betrachtungen erweisen. Während ein grosser Teil galvanischer Elemente wie

das Daniellelement $Zn \mid ZnSO_4 \mid CuSO_4 \mid Cu$,
 das Oxydationselement $Pt \mid SnCl_2 \mid FeCl_3 \mid Pt$,
 das Gaselement $Pt \mid H_2 \mid O_2 \mid Pt$

chemische Energie umzuwandeln vermögen, sind andere Elemente wie

die Konzentrationskette $Ag \mid AgNO_3 \text{ konz.} \mid AgNO_3 \text{ verd.} \mid Ag$ dazu garnicht im Stande; denn die Wärmetönung des im letzten Element sich abspielenden Vorganges ist gleich 0. Trotzdem liefert uns ein solches Element sehr wohl elektrische Energie nach der Formel

$$\varepsilon \pi = \varepsilon T \frac{d \pi}{d T}, \quad (3)$$

und zwar arbeitet das Element auf Kosten der Wärme der Umgebung; es ist also vergleichbar den Maschinen, welche durch Expansion komprimierter Gase betrieben werden, während wir die anderen Elemente vielleicht mit den Gasexplosionsmaschinen vergleichen dürfen.

Die Helmholtzsche Formel (2) giebt uns die energetische Beziehung für das galvanische Element; sie gestattet uns die Berechnung der elektromotorischen Kraft des Elementes aus der Wärmetönung Q und dem Temperaturkoeffizienten $\frac{d \pi}{d T}$; den

fast 100jährigen Streit über den Sitz der elektromotorischen Kraft zu entscheiden und den Mechanismus der Stromerzeugung zu erklären, hat aber erst die osmotische Theorie des galvanischen Elementes, welche wir Nernst verdanken, vermocht.

Wenn ein Strom im Schliessungskreis sich bewegen soll, muss vor allem das Element eine elektromotorische Kraft besitzen, d. h. es muss eine Potentialdifferenz zwischen den beiden Elektroden bestehen. Diese müssen also entweder ungleichnamige oder ungleich grosse gleichnamige elektrische Ladungen tragen. Auf welche Weise die elektrische Ladung der Elektroden zu stande kommt, hat Nernst vom Standpunkt der Theorien der Lösungen und der elektrolytischen Dissoziation erklärt.

Vor etwa 13 Jahren hat van t'Hoff den Beweis erbracht, dass die gelösten Molekeln innerhalb des Lösungsmittels die gleiche Rolle spielen, wie die Molekeln im begrenzten Gasraum, dass man also die Gasgesetze auf die Lösungen übertragen kann. Zwischen einem festen Stoff und seiner Lösung besteht nur Gleichgewicht, wenn der sogenannte osmotische Druck der gelösten Molekeln so gross ist, wie der dem Dampfdruck analoge Lösungsdruck des festen Körpers. Ferner hat Arrhenius gezeigt, dass die Elektrolyte, nämlich die Salze, Säuren und Basen, in wässriger Lösung zum Teil in Ionen zerfallen, d. h. in Teilmolekeln, welche je nach ihrem metallischen oder nicht-metallischen Charakter soviel äquivalente positive oder negative elektrische Ladungen tragen, als sie freie Valenzen haben. Nach der Nernstschen Theorie besitzen nun die Metalle sowie gewisse andere Elemente (wie H_2 , O_2 , Cl_2 , wenn sie in Berührung mit indifferenten Metallen sind) einen elektrolytischen Lösungsdruck, d. h. die Fähigkeit, Ionen in die sie umgebende Flüssigkeit auszusenden. Eine Elektrode sendet nur dann keine Ionen in die Flüssigkeit, wenn der osmotische Druck p der Ionen, welche mit den auszusendenden identisch sind, ebenso gross ist wie der elektrolytische Lösungsdruck P der Elektrode. Ist dagegen $P > p$, so treten Ionen aus und die Elektrode nimmt die der Ionenladung entgegengesetzte elektrische Ladung an; ist $p > P$; so scheiden sich Ionen unter Abgabe ihrer Ladungen auf der Elektrode ab, diese nimmt daher eine mit der Ionenladung gleich-

namige Ladung an. Die geschilderten Vorgänge verlaufen nun aber nicht wie bei elektrisch indifferenten Stoffen bis zur Gleichheit von P und p , vielmehr wird schon lange vorher unter Mitwirkung der elektrostatischen Anziehung zwischen der Elektrode und den im Überschuss vorhandenen entgegengesetzt geladenen Ionen Gleichgewicht herbeigeführt. Vereinigt man zwei Elektroden, welche verschiedene Potentialdifferenzen gegenüber der sie umspülenden Flüssigkeit besitzen, so erhalten wir, da die Elektrizität vom höheren Potential zum niederen überzugehen strebt, beim Schliessen einen elektrischen Strom. Wenn während des Stromdurchganges an der einen Elektrode, die wir als Kathode bezeichnen, ein Grammion Substanz unter Bildung positiver Ionen in Lösung gegangen ist, so sind nach dem Faradayschen Gesetz $n \varepsilon_0$ Coulombs durch den Stromkreis gegangen, wenn n die Wertigkeit des Kations und ε_0 die 96540 Coulombs, die von einem Grammaequivalent getragen werden, bedeutet. Die Arbeitsleistung dieses Vorgangs können wir mit Hilfe der ja für die Lösungen gültigen Gasgesetze berechnen; da ein Grammion vom Lösungsdruck P zum osmotischen Druck p übergegangen ist, haben wir die Arbeitsleistung

$$A = R T \ln \frac{P}{p}$$

erhalten. Bezeichnen wir die Potentialdifferenz an dieser Elektrode mit Π , die Wertigkeit des Kations mit n , so ist in elektrischem Mass die Arbeitsleistung

$$n \varepsilon_0 \Pi = R T \ln \frac{P}{p}. \quad (4)$$

An der andern Elektrode, der Anode, spielt sich der umgekehrte Vorgang ab; ein dem Grammion der Kathodensubstanz entsprechende Menge positiver Ionen, die, wenn n' die Wertigkeit derselben bezeichnet, sich zu $\frac{n}{n'}$ berechnet, ist vom Druck p' zum Druck P' übergegangen; zu dieser „Kompression“ muss die Arbeit

$$A' = \frac{n}{n'} R T \ln \frac{P'}{p'}$$

aufgewendet werden; ist $p' > P'$, so wird der Arbeitsaufwand negativ, also zur Arbeitsleistung. In elektrischem Mass lautet der Arbeitsaufwand

$$n \varepsilon_0 \Pi' = \frac{n}{n'} R T \ln \frac{P'}{p'}, \quad (5)$$

wenn Π' die Potentialdifferenz an der Anode bezeichnet. Durch Subtraktion der Gleichung (5) von Gleichung (4) erhalten wir die Arbeitsleistung des ganzen Systems zu

$$n \varepsilon_0 (\Pi - \Pi') = R T \ln \frac{P}{p} - \frac{n}{n'} R T \ln \frac{P'}{p'}.$$

Beim Durchgang von 96540 Coulombs erhalten wir demnach die elektrische Energie

$$\varepsilon_0 \pi = \frac{R T}{n} \ln \frac{P}{p} - \frac{R T}{n'} \ln \frac{P'}{p'}; \quad (6)$$

π bedeutet die elektromotorische Kraft des Elementes. Ostwald hat gezeigt, dass diese Gleichung sich in die Formel (2) überführen lässt, ein glänzender Beweis für die Vorzüglichkeit der Nernstschen Theorie. Der sich aus Formel (2) und (6) ergebende Ausdruck

$$\frac{R T}{n} \ln \frac{P}{p} - \frac{R T}{n'} \ln \frac{P'}{p'} = Q + \varepsilon_0 T \frac{d \pi}{d T}$$

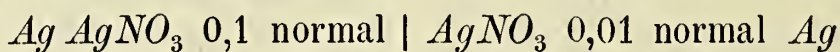
lässt erkennen, dass ein galvanisches Element dann ohne Wärmetönung arbeitet und keinen Temperaturkoeffizienten $\frac{d \pi}{d T}$ besitzt, wenn die Wärmetönung des chemischen Vorganges zur Leistung der auf der linken Seite stehenden osmotischen Arbeit gerade ausreicht. Ist letztere grösser als Q , so arbeitet das Element unter Wärmeverbrauch, kühlt sich also ab, $\frac{d \pi}{d T}$ ist alsdann positiv; ist dagegen Q grösser, so giebt das Element beim Stromdurchgang Wärme ab, $\frac{d \pi}{d T}$ ist negativ.

Wenden wir uns nun zur Betrachtung solcher Ketten, welche keine Wärmetönung besitzen, sondern lediglich auf Kosten der Wärme der Umgebung arbeiten. Die elektromotorische Kraft derselben ist, wie aus der Formel (3)

$$\pi = T \frac{d\pi}{dT}$$

hervorgeht, der absoluten Temperatur proportional. In Wirklichkeit wird Q allerdings kaum jemals 0, da sich schwer mit solch verdünnten Lösungen arbeiten lässt, welche beim Vermischen gar keine Wärmetönung geben; doch können wir uns dem Nullwert ziemlich nähern und wollen annehmen, dass wir es im folgenden mit solchen Bedingungen zu thun haben; auch wollen wir die „Diffusionskette“ an der Berührungsstelle der Elektrolyte, deren Wert man künstlich sehr herabdrücken kann, ausser Acht lassen.

Die Konzentrationskette



liefert uns beim Stromdurchgang von 96540 Coulombs nach Formel (6) die Arbeit

$$\varepsilon_0 \pi = R T \ln \frac{p'}{p} = R T \ln \frac{0,1}{0,01},$$

da $n = n' = 1$, $P = P'$ und $\frac{p'}{p}$ annähernd $= \frac{0,1}{0,01}$ ist.

Allgemein gilt die Formel

$$\varepsilon_0 \pi = \frac{R T}{n} \ln \frac{p'}{p}; \quad (7)$$

die Arbeitsleistung einer Konzentrationskette und ebenso die elektromotorische Kraft ist also nur von der Wertigkeit der Ionen und dem Konzentrationsverhältnis derselben, nicht von ihrer chemischen Natur abhängig.

Im folgenden möchte ich eine Art von Ketten besprechen, welche den Konzentrationsketten ähnlich sind, und deren Studium ich nach längerer Unterbrechung vor kurzem wieder aufgenommen habe.

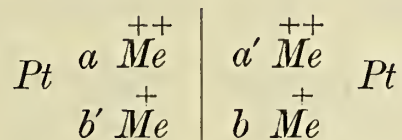
Nicht nur die Vorgänge der Ionenbildung oder -entladung können elektromotorisch wirksam werden, sondern auch die Ladungsvermehrung oder -verminderung der Ionen mit wechselnder Wertigkeit. Da die Oxydationsmittel das Bestreben haben, die positive Ladung ihrer Kationen zu vermindern resp.

die negative Ladung ihrer Anionen zu vermehren, und die Reduktionsmittel die entgegengesetzte Neigung haben, so kann man aus einem Oxydations- und einem Reduktionsmittel unter Zuhilfenahme unangreifbarer Elektroden galvanische Elemente konstruieren. In der Kette



nimmt das Stannoion zwei positive Ladungen auf, welche zwei Ferriionen abgeben und dem Stannoion durch den Draht hindurch übermittelt werden; die Chlorionen, welche auf der linken Seite überschüssig werden, wandern nach rechts hinüber.

Bilden wir nun eine Kette aus einem Oxydationsmittel und dem aus demselben entstehenden Reduktionsmittel, so erhalten wir ein Element, welches lediglich auf Kosten der Wärme der Umgebung arbeitet und dessen elektromotorische Kraft der absoluten Temperatur proportional sein muss, da ja Q gleich 0 ist. Die elektromotorische Kraft einer solchen Oxyd-Oxydulkette lässt sich auf osmotischem Wege leicht berechnen. Haben wir die Kombination



d. h. einerseits a Grammionen eines zweiwertigen Metalles und b' Grammion der einwertigen Ionen desselben Metalls, andererseits a' zweiwertige und b einwertige Ionen, und ist a resp. $b > a'$ resp. b' , so ist nach dem Durchgang von 96540 Coulombs ein Grammion $\overset{++}{Me}$ vom osmotischen Druck a zum osmotischen Druck a' und ein Grammion $\overset{+}{Me}$ vom Druck b zum Druck b' übergegangen. Beide Arbeitsleistungen addieren sich zur Gesamtleistung des Systems, welche demnach

$$\varepsilon_0 \pi = R T \left(\ln \frac{a}{a'} + \ln \frac{b}{b'} \right) \quad (8)$$

ist. Beträgt die Ladungsdifferenz der Ionen 2, so ist die Arbeitsleistung und die elektromotorische Kraft nur halb so gross. Überhaupt sind diese nur von der Ladungsdifferenz und dem

Konzentrationsverhältnis der Ionen, nicht von deren chemischen Natur abhängig.

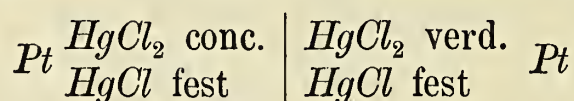
Wenn $\frac{a}{a'} = \frac{b}{b'}$ ist, so lautet die Gleichung

$$\varepsilon_0 \pi = 2 R T \ln \frac{a}{a'}. \quad (9)$$

Diese Oxyd-Oxydulketten repräsentieren gewissermassen doppelte Konzentrationsketten. Wir können sie auf den Typus der gewöhnlichen Konzentrationsketten bringen, wenn wir eine der beiden Ionenarten auf beiden Seiten in gleicher Konzentration, z. B. in gesättigter Lösung anwenden; ist beispielsweise $b = b'$, so lautet die Gleichung

$$\varepsilon_0 \pi = R T \ln \frac{a}{a'}, \quad (10)$$

also gerade so, wie die Formel für die Konzentrationsketten mit angreifbarer Elektrode. Eine solche Kette wäre die Kombination



Beim Stromdurchgang wird festes $HgCl$ von rechts nach links transportiert, womit keine Arbeitsleistung verknüpft ist; diese wird nur von der Überführung der Hg^{++} -Ionen von links nach rechts geliefert. Solche Ketten wären für die Praxis sehr bequem, da die Menge des chemischen Komponenten sich nicht ändert und dieselben sich leicht trennen lassen; doch nimmt die an und für sich geringe elektromotorische Kraft sehr schnell ab.

Experimentelle Untersuchungen über Ferri-Ferrocyan-Elektroden, welche ich vor längerer Zeit begonnen hatte, sind aus äusseren Gründen unterbrochen und bisher nicht veröffentlicht worden. Die Werte für die Potentialdifferenz solcher Elektroden, welche mit Hilfe der Ostwaldschen Normalelektrode $Hg | HgCl = -0,56$ Volt bestimmt wurden, waren folgende:

	N	π
I.	$\frac{21,95}{0,31} = 70,12$	0,829
II.	$\frac{20,25}{2,26} = 7,84$	0,765
III.	$\frac{15,19}{7,20} = 2,11$	0,729
IV.	$\frac{11,39}{10,23} = 1,09$	0,716
V.	$\frac{9,38}{11,96} = 0,78$	0,704
VI.	$\frac{7,81}{12,82} = 0,61$	0,696
VII.	$\frac{6,02}{14,31} = 0,42$	0,688

Der Zähler der Brüche unter N giebt den 1000 fachen Normalgehalt an Ferricyanionen, der Nenner den 1000 fachen Gehalt an Ferrocyanionen an; die Zahlen wurden aus der Leitfähigkeit berechnet und können nur annähernd richtig sein.

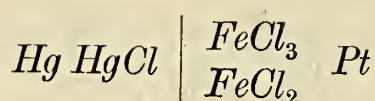
Die elektromotorische Kraft der Kombinationen je zweier Ferri-Ferrocyan-Elektroden, wie sie aus diesen Zahlen folgt und wie sie aus Formel (8) sich berechnet, ist in folgender Tabelle angeführt:

	Beob.	Ber.
I.—IV.	0,113	0,103
II.—V.	0,061	0,058
III.—VI.	0,033	0,031
IV.—VII.	0,028	0,024

In anbetracht der nur annähernd durchführbaren Rechnung ist die Übereinstimmung ganz befriedigend. Der Temperaturkoeffizient einer Ferri-Ferrocyan-Kette, welchen ich kürzlich über ein Intervall von 60° bestimmte, ergab einen um ca. 7 % zu grossen Wert.

Die graphische Darstellung der absoluten Potentiale einer Oxyd-Oxyd-Elektrode lässt eine logarithmische Kurve erkennen. Neuerdings hat Peters¹⁾ gezeigt, dass dieselbe bilogarithmisch verläuft. Peters stellt für die Kette

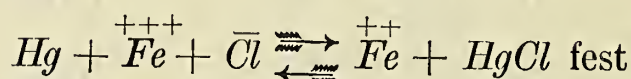
1) Zeitschrift für phys. Chemie XXVI, 193.



die Formel

$$\varepsilon_0 \pi = R T \ln K + R T \ln \frac{ci}{co} \quad (10)$$

auf, in welcher K die Gleichgewichtskonstante der Strom liefernden Reaktion



und $\frac{ci}{co}$ das Konzentrationsverhältnis der Ferri- zu den Ferroionen bedeutet. Stellt man diese Gleichung für zwei Ketten mit verschiedenen Ferri-Ferroelektroden auf und subtrahiert dieselben, so erhält man die von mir auf osmotischem Wege abgeleitete Formel (8). Peters hat gezeigt, dass man K leicht finden kann, wenn man die elektromotorische Kraft der Kette, in welcher $\frac{ci}{co} = 1$ ist, bestimmt; es ist dann

$$\frac{\varepsilon_0 \pi}{R T} = \ln K;$$

man kann also die Messung elektromotorischer Kräfte bequem zur Ermittlung von Gleichgewichtskonstanten benutzen. Peters hat für die von ihm untersuchte Reaktion $K = 10^{7,43}$ berechnet; für die von mir studierte Reaktion ergibt sich aus meinen Messungen $10^{2,61}$. Die elektromotorische Kraft der Ketten wird also null sein, wenn das Verhältnis der Ferri- zu den Ferroionen gleich $1 : 10^{7,43}$ und das Verhältnis der Ferricyan- zu den Ferrocyanionen gleich $1 : 10^{2,61}$ ist.

Wir dürfen meines Erachtens die Peterssche Gleichung noch zu folgender Berechnung anwenden. Wenn die elektromotorische Kraft der Ketten gleich 0,56 ist, also allein durch die Potentialdifferenz an der Normalelektrode bedingt wird, ist die Potentialdifferenz an der anderen Elektrode gleich null. Wenn wir die Substanz der festen Elektrode als völlig indifferent ansehen (was in Wirklichkeit bei keiner Substanz zutrifft), so wäre die Potentialdifferenz an dieser gleich null, wenn das Verhältnis der Ferri- zu den Ferroionen gleich $1 : 10^{17,17}$, das der Ferricyan- zu den

Ferricyanionen gleich $1 : 10^{12,35}$ ist. Meiner Ansicht nach bedeutet dies, dass beispielsweise das Bestreben des Ferriions, eine positive Ladung abzugeben, $10^{17,17}$ mal so gross ist als das Bestreben des Ferroions, eine solche aufzunehmen.

Wie wir gesehen haben, besitzen wir in den galvanischen Elementen Vorrichtungen, welche uns ermöglichen, aus chemischer und aus osmotischer Energie elektrische Energie zu gewinnen. Absichtlich wurden nur „umkehrbare“ Elemente betrachtet, d. h. solche, welche beim Durchgang des Stromes in einer oder der andern Richtung ihren Charakter nicht ändern. Es erscheint mir angebracht, zum Schluss die Grundbedingung für die Möglichkeit der Gewinnung elektrischer Energie aus chemischer und osmotischer Energie, welche bei den besprochenen Systemen stets erfüllt war, besonders hervorzuheben. Wenn wir Zink in Kupfersulfat auflösen oder Zinnchlorür durch Behandeln mit Eisenchlorid oxydieren, so können wir die chemische Energie nicht als elektrische Energie gewinnen. Die Übertragung der elektrischen Ladungen darf nicht unmittelbar geschehen, vielmehr muss sie mittelbar durch den Schliessungsdraht des Elementes erfolgen; die Vorgänge müssen räumlich getrennt sein. Ganz das gleiche gilt für die Konzentrationsketten (und die denselben ähnlichen Oxyd-Oxydulketten). Das Vermischen ungleich konzentrierter $AgNO_3$ -Lösungen liefert uns keine Arbeit; der Vorgang des Konzentrationsausgleiches ist nur dann elektromotorisch wirksam, wenn er durch Ladungsübertragung mittels des Schliessungsdrahtes geschieht: in der konzentrierten Lösung geben Ionen ihre Ladung an die Elektrode ab; diese Ladungen werden durch den Draht der andern Elektrode übermittelt und ermöglichen dort die Bildung neuer Ionen. Dadurch verdünnt sich allmählich die konzentrierte Lösung, während der Gehalt der verdünnten zunimmt.

In der Sitzung vom 5. August 1898 berichtete Herr C. Saint-Hilaire aus St. Petersburg (als Gast)

Ueber einige mikrochemische Reaktionen.

Als ich unter der Leitung des Herrn Prof. Kossel, dem ich bei dieser Gelegenheit meinen herzlichen Dank ausspreche, die mikrochemischen Reaktionen studierte, versuchte ich unter anderem eine Methode zu finden, die Harnsäure in loco zu bestimmen. Nach dem Rathe des Herrn Prof. Kossel habe ich dazu das schwerlösliche Salz der Harnsäure mit Kupferoxydul angewandt. Kupferoxydul wird aus der Lösung durch Harnsäure aufgenommen und dort fixirt, wo Harnsäure in den Geweben abgelagert ist. Das fixirte Kupfer kann durch Ferrocyankalium nachgewiesen werden. Das ferrocyanwasserstoffsäure Kupferoxydul oxydirt sich ziemlich schnell zu dem rothbraun gefärbten Oxydsalz. Man erhält also einen lebhaft rothen Farbenton an den Harnsäure enthaltenden Gewebstheilen. In der That habe ich ziemlich gut gelungene Präparate der Niere von *Helix pomatia* und des Infarcts der Kinderniere erhalten.

Die Methoden waren folgende: 1) Die Präparate waren mit Alkohol gehärtet, in Celloidin eingebettet und in Schnitte zerlegt worden. Die Schnitte wurden für einige Stunden in die Kupfersulfatlösung (10—5 %, gelegt, dann direkt in eine siedende gesättigte Lösung von Natriumbisulfit für 1—2 Minuten übertragen. Hierdurch wird die Reduktion des Kupferoxyd's und damit die Bildung des schwer löslichen harnsauren Kupferoxyduls bewirkt. Die Präparate werden jetzt sorgfältig ausgewaschen und endlich mit einer Lösung von Ferrocyankalium behandelt.

2) Die Schnitte werden in eine alkalische Kupferoxydul-lösung gebracht, welche durch Auflösen von Natriumhyposulfit, Seignettesalz und Kupfersulfat (nach dem Recept von Arthaud und Butte) bereitet war und der ein Zusatz von Natriumcarbonat gemacht war, um eine schwach alkalische Reaction hervorzurufen. Nach sorgfältigem Ausspülen mit Wasser wurden die Schnitte in Ferrocyankaliumlösung übertragen.

Die beiden Methoden geben fast gleiche Resultate; die

Harnsäureconcremente sind roth gefärbt. An einigen Präparaten aber machte ich die Bemerkung, dass auch das Chromatinnetz der Zellkerne gefärbt war. Zuerst glaubte ich, es hänge von der Gegenwart des Adenins oder anderer Basen, welche auch die Kupferoxydulverbindung geben, ab, aber das nähere Studium hat diese Vermuthung nicht bestätigt.

Um die Natur des fraglichen Stoffes zu ergründen, modificierte ich die Methoden und fand, dass die Kernfärbung ebenso intensiv wird, wenn man an Stelle der Arthaud'schen Lösung zunächst eine Kupfersulfatlösung (0,3 %) und dann eine Natriumcarbonatlösung (2 %) einwirken lässt, oder wenn man die violette alkalische Lösung anwendet, welche man erhält, wenn man Pepton mit Natronlauge und Kupfersulfat versetzt. Kupfersulfat allein giebt nur eine diffuse Färbung, die Gegenwart von Alkali ist also nothwendig. Das alles beweist, dass die Kernfärbungsreaction andersartig ist, als die oben geschilderte Harnsäurereaction. Sie hängt nicht von der Gegenwart des Kupferoxyduls ab, sondern wird durch Kupferoxydsalz bei Gegenwart von Alkali hervorgerufen. Die Bindung des Kupfers erfolgt also ebenso wie bei der Biuretreaction. Wir sind berechtigt, sie als eine modificierte Biuretreaction zu betrachten und zunächst auf diejenigen Bestandtheile der Gewebe zu beziehen, welche die Biuretreaction geben.

Es muss bemerkt werden, dass die Reaction nicht unter allen Bedingungen gleichmässig gelingt. Wenn man die Schnitte vorher mit verschiedenen Stoffen bearbeitet, so verhindern einige derselben die Reaction, andere dagegen verstärken sie. Zu den ersteren gehören z. B. Mineralsäuren und kochendes Wasser, nach dessen Einwirkung (5 Minuten) die Kernfärbung gar nicht zu Tage kommt; zu den letzteren — Natriumphosphat, Ammoniumchlorid, Kalkwasser, Natriumcarbonat und besonders Ammoniak. Im Falle der Auflösung der fraglichen Stoffe zum Beispiel im Wasser, wird anstatt des Kernes das Protoplasma gefärbt, aber das Chromatinnetz ist nicht zerstört, da es noch mit Haematoxylin gefärbt werden kann. Wenn wir die Schnitte mit Spuren von Ammoniak kochen, so bekommen wir die Kernfärbung. An frischen Geweben konnte ich die

Reaction nicht hervorbringen, vielmehr ist vorhergehende Fixirung nöthig. Diese kann durch verschiedene Stoffe bewirkt werden, z. B. Alcohol, Sublimat, auch Kupfersulfat (10 %) u. a. Es fragt sich nun, welcher Bestandtheil des Kerns giebt zu dieser Reaction Veranlassung? Die Aufmerksamkeit muss hier sofort auf das Histon gelenkt werden. Dieses nimmt, wie die Biuretreaction beweist, Kupferoxyd in alkalischer Lösung auf. Es ist in Wasser und in Säuren löslich, durch Ammoniumchlorid, Magnesium- und Ammoniumsulfat, Natriumcarbonat und Natronhydrat fällbar; und vor Allem wird es durch Ammoniak niedergeschlagen, was die Wirkung des Ammoniaks bei dieser Färbungsmethode gut erklärt. Die Fixirung, welche sich bei den Präparaten als nothwendig erwiesen hat, ist wohl in der Weise aufzufassen, dass das Histon gefällt wird. Hierbei wird es schwer löslich, bewahrt aber sein Bindungsvermögen für Kupfer.

Die eben beschriebene Reaction ist an sehr verschiedenen Objecten geprüft worden, und hat mit wenigen Ausnahmen positive Resultate gegeben.

In derselben Sitzung (5. August 1898) legte der zeitige Director der Gesellschaft, Herr F. Marchand vor:

Mikroskopische Präparate von zwei frühzeitigen menschlichen Eiern und einer Decidua.

Das eine Ei war mit der dazugehörigen Eikapsel durch Ausschabung erhalten und in frischem Zustand in Flemming'scher Lösung fixirt worden, während das andere in der Decidua capsularis durch Abort ausgestossen war. (Durch Herrn Prof. Krukenberg in Bonn erhalten).

Ad 1. Das Ei, welches leider durch Abtrennung eines Theiles nicht mehr vollständig ist, hatte die Grösse einer Erbse oder kleinen Bohne. Das Ei ist allseitig mit Zöttchen besetzt, welche eine sehr schön erhaltene, continuirliche Zellschicht mit Mitosen und einen Syncytiumüberzug mit zahlreichen Fetttröpfchen und sehr deutlichem Borstenbesatz besitzen.

Das Epithel zeigt ein sehr verschiedenes Verhalten der beiden Schichten zu einander, sowohl was Zahl und Grösse der Zellschichtzellen, als Ausbildung des Syncytium betrifft. Im Allgemeinen ist letzteres um so stärker entwickelt, je mehr die Zellschicht zurücktritt und umgekehrt.

Die Untersuchung der „Zellknoten“ dieses Eies zeigt Verhältnisse zwischen den beiden Bestandtheilen, welche für die Ansicht Kastschenko's von einer Zusammengehörigkeit beider zu sprechen scheinen, indem man an dem Syncytium eine Anflösung in Zellen beobachten kann, welche sich von denen der Zellschicht nicht deutlich unterscheiden.

Sichere Anhaltspunkte für eine etwaige Entstehung des Syncytium aus mütterlichen Elementen konnten bei der Untersuchung der Eikapsel nicht gefunden werden.

An dem Chorion desselben Eies befindet sich genau an der Stelle, wo an der Innenseite ein allerdings nur mangelhafter Rest einer Embryonalanlage (Hypoblastblase?) liegt, ein auf dem Querschnitt kreisförmiger Kanal, welcher mit Zellschichtzellen ausgekleidet und mit einer mehrkernigen Syncytiummasse ausgefüllt ist, und sich von dem inneren Rande durch eine Anzahl Schnitte bis an die Oberfläche verfolgen lässt, wo er sich trichterförmig erweitert. Der Vortragende glaubt dieses Gebilde als den Rest eines ursprünglichen Amnionanges deuten zu müssen.

Ad 2. Das zweite Eichen, welches mit der Kapsel in c. 450 continuirliche Schnitte zerlegt wurde¹⁾, ist durch ein Blutcoagulum in der Kapsel seitlich zusammengedrückt (grösste Länge c. 10 mm, Breite in der Mitte nur etwa 3 mm) ist aber sonst, abgesehen von einer Ablösung der Embryonalanlage, sehr gut erhalten. Von Interesse ist die noch deutlich zu übersehende Lage der Amnionhöhle, welche mit ihrem Ende ganz in dem Haftstiel des Embryo liegt; daneben lässt sich ein dünner Allantoisgang nachweisen. Auch hier findet sich an der Aussen-

1) Für die Herstellung der Schnittserien in diesen beiden Fällen ist der Vortragende seinem ehemaligen Assistenten Dr. Pels-Leusden zu Dank verpflichtet.

seite des Chorion in einiger Entfernung vom Amnion eine tiefe Einkerbung, welche vielleicht mit der ersten Bildung des Amnion zusammenhängt, da sie das Chorion in der Richtung nach dem Amnion auf eine kurze Strecke durchsetzt, jedoch in diesem Falle nicht kanalförmig.

Ad 3. Präparate von einer in Flemming'scher Lösung fixirten durch Ausschabung erhaltenen Decidua aus einem frühen Stadium der Schwangerschaft.

Zwischen den grossen, hellen, blasenförmigen Deciduazellen finden sich meist in Häufchen angeordnete kleinere polygonale Zellen mit dunklerem granulirten Protoplasma und runden ebenfalls dunkler gefärbtem Kern, Zellen, welche nicht selten auch fälschlich als Leukocyten bezeichnet worden sind, aber nichts anderes als sog. kleine Deciduazellen, d. h. Jugendformen darstellen, die durch alle Zwischenstadien in die grossen, hellen Zellen übergehen. Sowohl in den kleinen als in einigen der grösseren, hellen Zellen finden sich ziemlich zahlreiche Mitosen, welche bisher in der Decidua nicht bekannt waren. In den ganz grossen, hellen Zellen fehlen diese, dagegen kommen hier nicht selten Erscheinungen vor, welche auf direkte Kern- und Zelltheilung deuten, oft zwei Kerne in einer Zelle mit Andeutung einer Theilung des Zellkörpers. Die Chromosomen in den helleren Zellen liegen meist etwas verstreut; ihre Zahl scheint 24 zu sein.

An denselben Präparaten finden sich zwischen den Deciduazellen grosse meist spindelförmige Zellen mit grossem, dunkelgefärbten Kern und zahlreichen Fetttröpfchen im Protoplasma; sie schieben sich in wechselnder Menge zwischen die Deciduazellen und machen den Eindruck von beweglichen, das Gewebe durchwandernden Elementen. An vielen Stellen sieht man diese Zellen im unmittelbaren Anschluss an die Drüsen, deren Zellen dieselben Kernformen und den gleichen Gehalt an Fetttröpfchen in dem oft sehr unregelmässig gestalteten Zellkörper besitzen, und nicht selten spindelförmig verlängert zwischen die angrenzenden Deciduazellen einzudringen scheinen. — Das Epithel der Oberfläche ist abgeflacht, ebenfalls fettig, an einzelnen Stellen, welche der Decidua basalis anzugehören

schiene, in grössere, mehrkernige, fetttröpfchenhaltige Gebilde übergehend. (Die ursprünglichen Lagebeziehungen lassen sich an den Schnitten nicht mehr sicher feststellen).

In derselben Sitzung trug Herr Marchand, mit Vorlegung zahlreicher mikroskopischer Präparate, vor:

Ueber die Bildung der Placenta foetalis beim Kaninchen.¹⁾

Die Anlagerung des Eies an die Uterus-Schleimhaut beim Kaninchen beginnt am 8. Tage; sie vollzieht sich im Laufe der nächstfolgenden Tage im Bereiche des den Embryo umgebenden hufeisenförmigen Gebietes der Keimblase, welches sich schon vor der Anlagerung durch eine erhebliche Verdickung des Ectoderms (Ectoderm-Wulst von Kölliker) auszeichnet. Während nach den Angaben einiger Embryologen dieser Ectodermwulst bereits vor der Verbindung mit der gegenüberliegenden Oberfläche der Schleimhaut aus zwei Schichten, einer tieferen Cylinderzellen- und einer oberflächlichen plasmodialen Schicht besteht (E. van Beneden, Masius, Rabl), ist nach der sehr bestimmten Behauptung Anderer der Ectodermwulst nur aus getrennten Epithelzellen zusammengesetzt, während die plasmodiale Schicht erst nach der bereits erfolgten Vereinigung mit dem Uterus-Epithel aus diesem selbst gebildet werden soll (Strahl, Minot, Kossmann). M. Duval beschreibt eine plasmodiale Schicht des Wulstes ebenfalls erst nach erfolgter Vereinigung mit dem Uterus-Epithel, erklärt sie aber für foetaler Natur, ebenso neuerdings Maximow, der sich von dem Vorhandensein eines foetalen Plasmodium vor der Verbindung mit dem Uterus nicht überzeugen konnte.

Eine in Zenker'scher Lösung fixirte Eikammer eines Kaninchen-Uterus von genau 8 × 24 Stunden post coitum wurde in eine continuirliche Schnittreihe zerlegt. Die Keimblase ist nur an einer sehr kleinen Stelle an einer der Schleimhautfalten des Uterus oberflächlich mit dem Epithel verklebt, so dass einige

1) Die ausführliche Mittheilung dieser Untersuchung mit Abbildungen erscheint in den Abhandlungen der Gesellschaft.

Ectodermkerne am letzteren haften geblieben waren, während die Keimblase bei der Härtung sich etwas retrahirt hatte. Die letztere ist noch von einem Reste der Zona pellucida umgeben und liegt abgesehen von jener, nur an wenigen Schnitten sichtbaren Stelle vollständig frei. Im Bereiche des grössten Theils des Ectodermwulstes (nach vorn etwa bis zum vorderen Ende des Primitivstreifens) ist der Ectodermwulst ausgesprochen zweischichtig; die tiefere Schicht besteht grösstentheils aus hohen Cylinderzellen, an anderen Stellen aus weniger regelmässig angeordneten Zellen und ist vollkommen scharf von der oberflächlichen sehr viel dickeren plasmodialen Schicht abgegrenzt. Die Entwicklung der letzteren aus den vergrösserten, anfangs kolbenförmig hervortretenden, sodann zusammenfliessenden Ectodermzellen lässt sich mit grosser Deutlichkeit verfolgen. Der zweischichtige Ectodermwulst umgiebt in gleicher Weise das hintere Ende des Primitivstreifens.

Die Anlagerung des Eies und seine Verbindung mit der Oberfläche des Uterus kommt demnach durch Protoplasma-Verschmelzung zwischen dem ectodermalen Plasmodium und dem inzwischen ebenfalls ausgebildeten uterinen Plasmodium oder Syncytium zu Stande, worauf das letztere sehr bald grösstentheils resorbirt wird.

Die Entwicklung des uterinen Syncytium, welche in ziemlich übereinstimmender Weise von verschiedenen Autoren beschrieben wird, lässt sich schon am achttägigen Uterus im Beginn nachweisen, sodann bis zum elften Tage an den in der Nachbarschaft der Placentarstelle gelegenen Theilen der Placentarfalten, sowie am übrigen Umfang der Eikammer. Die Drüsenmündungen, welche am achten Tage noch offen sind, werden durch die stärkere Zunahme und Verschmelzung des Syncytium verschlossen, während der untere Theil der Drüsen noch mit unveränderten Cylinderzellen ausgekleidet ist.

Leider konnte Vortragender die zunächst folgenden Stadien der Verbindung der Keimblase mit dem Uterus noch nicht zur Untersuchung erhalten.

An einem in Sublimat fixirten Uterus von wahrscheinlich 9 $\frac{1}{2}$ bis 10tägiger Dauer der Schwangerschaft, von welchem mehrere Eikammern an Serienschnitten untersucht wurden, ist die Verbindung der Keimblase mit der Placentarstelle bereits fast vollständig erfolgt, doch finden sich noch einige etwas vertiefte Stellen der Schleimhaut, welche das Ectoderm noch ohne Verbindung überbrückt.

Hier lassen sich noch zweifellose Reste des foetalen Plasmodium bereits in Verbindung mit dem uterinen Epithel nachweisen. Der Rand der Anlagerungsstelle, welcher die die Vereinigung begleitenden Veränderungen am besten erkennen lässt, verhält sich keineswegs an allen Theilen übereinstimmend. Offenbar hängt dies damit zusammen, dass nicht überall der Verbindung des Ectoderms mit der Schleimhaut die Bildung eines ectodermalen Plasmodium vorausgeht. Die mit einem solchen versehenen Theile des Ectoderms haben offenbar den ersten und wichtigsten Antheil an der Verbindung, welche sich sodann weiter auf die noch einschichtigen, wenig verdickten Theile des Ectoderms erstreckt, wie man aus dem Verhalten des an das uterine Syncytium sich anlegenden Ectoderms an sehr vielen Stellen erkennen kann. An anderen Randstellen lassen sich auch in diesem Stadium noch zweifellose Reste des ectodermalen Plasmodium in Verbindung mit der Zellschicht (Cytoblast) des Ectoderms und der Uterusschleimhaut nachweisen. Das Bestehenbleiben einer ausgedehnten plasmodialen Schicht an der Oberfläche der Schleimhaut oder gar die Ausbildung eines umfangreichen Plasmodium als Bildungsstätte der Placenta foetalis ist dagegen mit Sicherheit in Abrede zu stellen. Die die Oberfläche einnehmende ziemlich mächtige Schicht der Schleimhaut besteht vielmehr aus sehr zahlreichen getrennten Zellen und Zellenresten von verschiedener Herkunft in einer feinkörnigen und fädigen Grundsubstanz, Gefässen mit zelligen Scheiden und Resten des uterinen Syncytium, welche mehr und mehr in die Tiefen gedrängt werden, während sie in der Nähe der Ränder noch in ausgedehntem Maasse mit dem Ectoderm in Verbindung stehen.

Die weiteren Veränderungen des Ectoderm gehen, wie es

scheint, ausschliesslich oder doch grösstentheils von der Zellschicht aus, welchem die ganze Oberfläche der Placentarstelle bekleidet. Sie bestehen 1) in dem Eindringen heller Zellen in das epitheliale Syncytium und, nach Schwund desselben, in das sehr gelockerte Schleimhaut-Gewebe, 2) in der Bildung grösserer, blasiger, vielkerniger, augenscheinlich sehr weicher Massen, welche in ihrer Zusammensetzung sehr ähnlich der ursprünglichen Plasmodium-Schicht sind, 3) in der Bildung grösserer, anfangs solider, bald aber mit einem Lumen versehener Ectodermfortsätze (sog. Primordialzotten), welche z. Th. in das Syncytium, hauptsächlich aber in das lockere Zwischengewebe eindringen. Diese Fortsätze wachsen allmählich weiter in die Tiefe hinein und werden oft ohne Zusammenhang mit der Oberfläche getroffen. Das Eindringen des Ectoderms geschieht offenbar durch die eigene Thätigkeit der Ectodermzellen, durch eine aktive Wucherung derselben und beruht nicht etwa auf einer mechanischen Ausstülpung durch das wuchernde Mesoderm; erst nachträglich dringt das äusserst zarte Allantoisgewebe mit spärlichen Capillargefässen in die Hohlräume der aus Cylinderzellen gebildeten Ectodermsprossen. Das uterine Syncytium wird theils durch das vordringende Ectoderm, theils durch die wuchernden Gefässscheiden verdrängt, zerklüftet und resorbirt bis auf die unterhalb dieser Zone erhaltenen Reste.

Gleichzeitig mit der Anlagerung des Ectoderms an die Schleimhaut entwickeln sich die bereits von Godet, Masquelin und Swaen und Anderen beschriebenen Gefässscheiden aus glykogenhaltigen Zellen, welche schon am zehnten Tage fast das ganze Schleimhautgewebe im Bereiche der Placentarstelle einnehmen. Am achten Tage ist von den Glykogenzellen noch sehr wenig zu sehen, die Gefässe, auch die tiefergelegenen sind dünnwandig, aber weit; stellenweise von einer Lage noch wenig vergrösserter adventitieller Zellen umgeben. Diese vermehren sich auf mitotischem Wege, und werden durch Glykogenanhäufung blasig; auch die grossen, vielkernigen Glykogenzellen, welche besonders später die grösseren Gefässe der Placenta

uterina umgeben, sind (entgegen der Angabe von Maximow) blasige, mit einer Membran versehene Zellen, welche nicht durch Zusammenfliessen von kleineren Zellen, sondern durch Vermehrung der Kerne aus solchen entstehen.

An der Oberfläche der Placentarstelle treten unmittelbar unter der oberflächlichen Zellschicht, etwas entfernt vom Rande, unregelmässig gestaltete Räume an, die theils leer (d. h. mit farbloser Flüssigkeit) theils mit Blut gefüllt sind. Diese Räume werden z. Th. sicher von Ectodermzellen der Oberfläche begrenzt, z. Th. liegen sie noch ganz im Bereiche des Ectoderms, dessen Zellen bei der Bildung der Räume in verschiedener Weise deformirt, sternförmig werden können. Andererseits liegen die Bluträume auch im Bereiche der lockeren Zellenmassen der oberflächlichen Schleimhaut; sicher kommen sie nicht durch Lückenbildung in einem homogenen foetalen Plasmodium zu Stande (Duval, Masius). Ausser diesen, einer besonderen Wandung entbehrenden Bluträumen finden sich nicht selten dicht unter der Oberfläche, an das Ectoderm angrenzend, auch in das uterine Syncytium (wo es noch erhalten ist) eingebettet, Blutcapillaren mit erhaltenem Endothel und den dasselbe umgebenden Glykogenzellen, welche indess zum grössten Theil gelockert werden und aus dem Zusammenhang gerathen. Andere Gefässe, welche aus der Tiefe emporsteigen, werden in der Nähe der Oberfläche weiter, kolbenförmig; sie verlieren ihre zusammenhängende Wandung und stehen mit den erwähnten Bluträumen in Verbindung. Man kann sich daher die Entwicklung der letzteren so vorstellen, dass zunächst in Folge seröser Durchtränkung Lakunen in der Zellschicht des Ectoderms und darunter entstehen (anscheinend aus Vacuolen oder aus blasigen Zellen hervorgehend), in welche aus den gewucherten und gelockerten Gefässen extravasirtes Blut tritt. (Es kann dabei Blut auch gleichzeitig in die noch offenen Lumina der erhaltenen oft stark ausgedehnten Drüsenreste gelangen, wo es sich nachher weiter umwandelt). Stellenweise sind bereits an der zehntägigen Placenta umfangreichere sinusartigen Bluträume vorhanden, welche dicht unter dem Ectoderm liegen und den grössten Theil des Raumes zwischen den in die Tiefe eindringenden Ecto-

dermfortsätzen einnehmen. Durchsetzt werden die grösseren Bluträume, welche oft deutlich den Zusammenhang mit noch erhaltenen Gefässen erkennen lassen, von einem zierlichen Netz verästelter und langgestreckter Zellen, welche sich stellenweise auch der Innenfläche des Ectoderms anlegen und mehr in der Tiefe in grössere unregelmässig gestaltete mehrkernige Protoplasamassen übergehen.

Die Entstehungsweise dieser Zellen ist schwer zu verfolgen. Es sind offenbar dieselben Elemente, welche Duval und Masius direkt als foetales Plasmodium bezeichneten (in dem sich die Bluträume bilden sollten), während Maximow von einem Hineinwuchern des Ectoderms in die Bluträume mit Umwandlung in ein Plasmodium spricht. Verfolgt man aber die Entstehung der die Bluträume durchsetzenden und allmählich auskleidenden Zellen und grösseren Protoplasamassen, so wird man zweifellos auf die Elemente der Gefässwandungen geführt, welche mit den Bluträumen von vornherein in Verbindung stehen. Allerdings ist es anfangs nicht immer möglich, zu entscheiden, ob man Reste stehengebliebener, ectodermaler Zellen vor sich hat, oder hineingewucherte Zellen anderer Art, indess kann man sich von der fortschreitenden Umwandlung der Gefässwandzellen in jene immer deutlich fibrillär aussehenden Zellen mit Sicherheit überzeugen, wenn man die allmähliche Veränderung der Gefässwand von den tieferen Schichten aus verfolgt.

An der elftägigen Placenta ist die Bildung der Bluträume bereits weiter vorgeschritten; die oberflächliche Ectoderm (Cytoblast)-Schicht besteht aus Cylinderzellen von etwas verschiedener Höhe. Der Raum zwischen den Ectodermfortsätzen (Primordialzotten) und der Oberfläche ist in den mittleren Theilen der Placenta fast ganz durch Bluträume eingenommen, während an den Rändern die Anlagerung des einschichtigen Ectoderms an das Syncytium, das Eindringen heller Ectodermzellen und grösserer vielkerniger, plasmodialer Gebilde fortschreitet, und andererseits die Wucherung der Gefässe mit ihren Zellscheiden ebenfalls zunimmt. Auch das Endothel der Gefässe zeigt im Bereiche der Placentarstelle zweifellose Wucherungserscheinungen. Am wichtigsten ist, dass innerhalb der Bluträume eine zunehmende Aus-

kleidung mit weichen, protoplasmatischen Elementen vorhanden ist, welche sowohl an der Innenseite der Cytoblastschicht (d. h. nach dem Lumen des Blutraumes zu) als in der Umgebung der Primordialzotten immer vollständiger wird, und oft in grössere, vielkernige Protoplasamassen übergeht. Die Placenta foetalis besteht in diesem Stadium in den mittleren Theilen der Placentarstelle aus dem oberflächlichen Ectodermüberzug, den in die Tiefe hineinragenden Ectodermfortsätzen mit ihrem lockeren, mesodermalen Inhalte, und den die Zwischenräume zwischen diesen Theilen einnehmenden unregelmässig gestalteten Bluträume mit ihrer protoplasmatisch-zelligen Auskleidung.

An dieser sind oft noch deutliche Zellgrenzen erkennbar; das Protoplasma ist stets zartfibrillär. Diese Zellauskleidung ist demnach ursprünglich kein Plasmodium, sondern bildet erst nachträglich vielkernige Protoplasamassen. Offenbar sind die zelligen Elemente sehr weich, sie schliessen nicht selten Vacuolen ein, stehen durch Protoplasmaabücken mit einander in Verbindung, zwischen denen neue Hohlräume entstehen, in welche rothe Blutkörperchen eintreten. Diese Zellen und Protoplasamassen stellen das sog. intravasculäre Plasmodium der oberflächlichen Bluträume dar, welches nach Maximow durch ein Hineinwuchern der Ectodermzellen in die Gefässe sich bilden soll. Es ist zuweilen schwer, wuchernde Ectodermzellen und mehrkernige vom Ectoderm ausgehende Zellkörper von jenen Zellen zu unterscheiden, aber andererseits lassen sich die letzteren auch in diesem Stadium, wie mir scheint, mit völliger Sicherheit auf eine Umwandlung der Gefässwandzellen zurückführen. Schwieriger ist die Entscheidung, ob bei der Bildung jener Protoplasamassen, welche die mütterlichen Bluträume auskleiden, auch die Glykogenzellen der Gefässe oder nur die Endothelzellen sich betheiligen; eine Wucherung der letzteren ist unverkennbar.

Wahrscheinlich hat die enorme Produktion von Glykogenzellen der Gefässscheiden während der Bildung der foetalen Placenta nicht bloss die Bestimmung, dem Embryo reichliches Ernährungsmaterial zuzuführen, sondern hauptsächlich Material für die mütterlichen Bluträume zu liefern, da welches weder vom Ectoderm (van Beneden, Duval, Maximow) noch vom

uterinen Syncytium (Kossmann) stammt. Irgend eine Beziehung des letzteren zu den mütterlichen Bluträumen ist nicht erkennbar.

Die zwölftägige Placenta unterscheidet sich in ihrem Aussehen schon sehr erheblich von dem vorhergehenden Stadium. Die foetale Placenta hat an Dicke beträchtlich zugenommen und grenzt sich schärfer von dem mütterlichen Theile ab. An der Grenze des letzteren liegen die z. Th. in Zerfall begriffenen ausgenagten Reste des Syncytium, weiter in der Tiefe noch erhaltene Drüsenschläuche.

Die Ectodermfortsätze sind bis an diese Grenze in die Tiefe hineingewuchert; sie bestehen aus Cylinder-Epithel, welches dem uterinen Gewebe wie ein dazugehöriges Epithel aufsitzt, während das gefässhaltige, lockere Allantoisgewebe, welches die Ectodermfortsätze ausfüllt, sich davon zurückzieht. An der Oberfläche ist ein continuirlicher Ectodermüberzug nur an den grösseren sinusartigen Bluträumen noch erkennbar. Die Placenta foetalis besteht bereits aus den von Duval als ectoplacentare Säulen und tubulöse Formationen (Lamellen) bezeichneten Gebilden, in welchen das mütterliche Blut ohne besondere Gefässwand circulirt.

Die Protoplasma-Schicht der Säulen und Lamellen geht unmittelbar aus den vorher beschriebenen Zellen und vielkernigen Protoplasamassen hervor, welche die eben entstandenen Bluträume auskleiden. Beim Uebergang der grossen, mütterlichen Gefässe in die Bluträume der Säulen kann man mit Sicherheit den allmählichen Uebergang der Elemente der Gefässwand in das Protoplasma der Säulen erkennen, doch konnte sich der Vortragende noch nicht überzeugen, ob das gewucherte Endothel der grossen, mütterlichen Gefässe sich allein an der Umbildung betheiligt.

Das Protoplasma der placentaren Säulen und Lamellen ist durch eine eigenthümliche Streifung ausgezeichnet, welche in den späteren Stadien noch deutlicher hervortritt und durch das Vorhandensein heller, spaltförmiger Lücken (wie von kleinen Krystallen herrührend) bedingt wird, die zuerst von Godet beschrieben wurden.

An der Oberfläche der Lamellen bleiben stellenweise noch Gruppen von Ectodermzellen erhalten (abgesehen von der zusammenhängenden Lage der Cylinderzellen, welche die tiefen Buchten zwischen den Säulen auskleiden). An allen diesen Stellen findet man noch Mitosen in den Ectodermzellen, also deutliche Zeichen der Vermehrung. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die wuchernden Ectodermzellen fortdauernd die weitere Zerklüftung der compacten Säulen und ihre Umwandlung in „Lamellen“ bewirken; den Ectodermzellen, welche in das Protoplasma eindringen, folgen die Allantoissprossen, wodurch die sehr reichliche Verästelung der letzteren sich erklärt. Zwischen den verästelten Allantoiszotten bleiben die schmalen Protoplasma-lamellen erhalten, in denen die mütterlichen Blutcapillaren verlaufen.

Die Placenta von 14 und 15 Tagen zeigt lediglich die weitere Ausbildung dieser Theile und braucht daher hier nicht besonders berücksichtigt zu werden.

Zum Vergleich untersuchte Vortragender zwei Stadien der Placentarbildung der Katze, welche bei mancher Aehnlichkeit doch wesentlich verschiedene Verhältnisse darbietet.

Die Placentarlamellen des jüngeren Stadiums zeigen an der Oberfläche eine nicht sehr deutlich abgegrenzte und nicht ganz continuirliche Schicht ectodermaler Zellen, darunter eine homogene Protoplasma-Schicht mit verstreuten Kernen, im Innern das mütterliche Blutgefäß, welches mit Endothel ausgekleidet und noch von einer dünnen Lage Bindesubstanz umgeben ist. In letzterer sind verstreute, gegen die Basis reichlichere, rundliche und spindelförmige Zellen eingelagert. Die subectodermale Schicht wird von Strahl als uterines Syncytium bezeichnet, von Duval mit Einschluss der isolirten zelligen Elemente für ectodermal gehalten. Verfolgt man die Lamellen bis zur Basis, so scheint in der That das aus dem Drüsen-Epithel hervorgegangene Syncytium direkt mit der homogenen Protoplasma-Schicht zusammenzuhängen, so dass dasselbe also thatsächlich von dem Uterus-Epithel herzuleiten sein würde. In dem späteren Stadium ist diese Schicht auffallender Weise stärker entwickelt,

viel reicher an Kernen; auch die oberflächliche Ectodermzellen schicht ist stärker ausgebildet, deutlicher abgegrenzt.

Ferner sind die in der nächsten Umgebung des centralen Blutgefässes in Bindegewebe eingelagerten Zellen grösser und in ihrem Aussehen vollständig den menschlichen Deciduazellen gleich. Auch hier lässt sich der Zusammenhang der subectodermalen Protoplasma-Schicht mit dem epithelialen Syncytium der noch erhaltenen Uterindrüsen nachweisen.

Wie weit sich aus dem Verhalten der Kaninchen-Placenta Schlüsse auf die erste Entwicklung der menschlichen Placenta ziehen lassen, ist sehr zweifelhaft. Für die erstere hat die bekannte Anschauung Hubrecht's von der Entwicklung eines trophoblastischen Gewebes, welches nachträglich durch die aus einer Wucherung der mütterlichen Gefässwandungen hervorgehende „Trophospongia“ ersetzt wird, allem Anschein nach volle Gültigkeit.

Aufgelegte Schriften:

- Memoirs of the Museum of comparative Zoology. Vol. XXIII, Nr. 1. Bulletin, Vol. XXVIII, Nr. 4 u. 5. Vol. XXXI, Nr. 6 u. 7. Vol. XXXII, Nr. 1—5. Cambridge 1897/98.
- Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences. Vol. XXXII, Nr. 16 u. 17. Vol. 33, Nr. 1—12. Boston 1897/98.
- U. S. Geological Survey. XXV—XXVIII with Atlas. Washington 1895/96.
- Bulletin of the U. S. Geological Survey, Nr. 127, Nr. 130—148 und Nr. 87. Washington 1896/97.
12. Jahresbericht des naturwissenschaftlichen Vereins in Osnabrück. Osnabrück 1898.
25. Jahresbericht des westfälischen Provinzialvereins für Wissenschaft und Kunst. Münster 1897.
- Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der preuss. Rheinlande und Westfalens. Jahrg. 54. 2. Hälfte. Bonn 1897.
- Sitzungsberichte der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heil-Kunde. 1897. Bonn 1897.

- Sitzungsberichte und Abhandlungen der Gesellschaft Isis zu
Bautzen. Bautzen 1896/97.
17. Bericht des naturhistorischen Vereins zu Passau.
Passau 1898.
- Sitzungsberichte des siebenbürgischen Museums-Vereins. Bd. XIX,
Jahrg. XXII, Abt. I u. II. Kolozsvart 1897.
- 1897 Programme de la Société batave de Rotterdam.
- Mémoires de la Société botanique de Luxembourg. Nr. XIII.
Luxembourg 1897.
- Bulletin de la Société impériale des Naturalistes de Moscou.
1897. Nr. 3 u. 4. Moscou 1898.
- Bergens Museums Aarbog 1897. Bergen 1898.
- Charles Janet, Etudes 13, 14, 15, 16. Limoges 1897.
- Annotationes zoologicae iaponenses. Vol. II. Part. 1 u. 2.
Tokyo 1898.
- Boletin de la Academia Nacional de Ciencias en Cordoba.
Tom XV, Ent. 4. Buenos Aires 1897.
- Journal of the Elisha Mitchell scientific Society, fourteenth year
1897. Part I u. II. Chapel Hill 1897.
- Bulletin of the New York Public Library. Vol. II, Nr. 3, 5 u. 6.
New York 1898.
- Proceedings of the Nova Scotia Institute of Science. Vol. IV,
Part 3. Halifax 1897.
- Bulletin of the Essex Institute. Vol. 26—29. Salem 1894/97.
- Smithsonian Miscellaneous Collections, 1084, 1087.
Washington 1897/98.
- Smithsonian Report 1895. Washington 1896.
- The Smithsonian Institution 1846—1896. Washington 1897.
- Societatum litterae, Jahrg. XI, Nr. 7—12. Jahrg. XII, Nr. 1—4.
Helios, Bd. 15. Berlin 1898.
- Sitzungsberichte der physikalisch-medizinischen Gesellschaft in
Würzburg. Jahrg. 1897, Nr. 1—9.
- Sitzungsberichte der Gesellschaft für Morphologie und Physio-
logie in München. Bd. XIII, Heft II u. III. München 1898.
- Sitzungsberichte der Isis in Dresden, Jahrg. 1897. Dresden 1898.
- Jahreshefte des naturwissenschaftlichen Vereins für Lüneburg. XVI.
Lüneburg 1898.
- Abhandlungen vom naturwissenschaftlichen Verein in Bremen.
Bd. XIV, Heft 3, Bd. XV, Heft 2.
- Sitzungsberichte der physikalisch-medizinischen Societät in Er-
langen. Heft 29. Erlangen 1898.

- Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg. Bd. X,
Heft 1—3. Freiburg 1897/98.
- Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königs-
berg. Jahrg. 38. Königsberg 1897.
- Archives du Musée Teyler. Ser. II, Vol. V, 4; Vol. VI, 1.
- G. O. Sars, Crustacea, Isopoda. Bergen 1898.
- Memoirs and Proceedings of the Manchester literary and philo-
sophical Society. Vol. 42, Part 2 u. 3. Manchester 1898.
- Programm der technischen Hochschule zur Braunschweig für
1898/99.
15. Bericht des Botanischen Vereins in Landshut.
Landshut 1898.
- Notizblatt des Vereins für Erdkunde in Darmstadt. IV. Folge,
Heft 18. Darmstadt 1897.
- Abhandlungen der Senckenbergischen naturforschenden Gesell-
schaft. Bd. 24, Heft 2, nebst Reptilienkatalog II.
Frankfurt a. M. 1898.
- VI. Jahresbericht der geographischen Gesellschaft zu Greifswald.
Teil II. Greifswald 1898.
- Bericht der Rede- und Lesehalle der deutschen Studenten in
Prag 1897. Prag 1898.
- Jahrbuch des ungarischen Karpathen-Vereins. Jahrg. XXV.
Iglo 1898.
- Mémoires de la Société des Naturalistes de Kiew. Tom XIV,
2; XV, 1 u. 2. Kiew 1896/98.
- Bulletin de l'Académie impériale des Sciences de St. Petersburg.
Ser. V, Tom VII, Nr. 2. St. Petersburg 1897.
- Mitteilungen der medizinischen Fakultät zu Tokio. Bd. III,
Nr. 3; Bd. IV, Nr. 1. Tokio 1897/98.
- Yearbook of the Departement of Agriculture 1897.
Washington 1898.
- Johns Hopkins University Circulars. Vol. XVII, Nr. 135 u. 136.
- H. v. Ihering, Revista do Museu Paulista. Vol. II.
S. Paulo 1897.
54. Jahrgang der Jahreshefte des Vereins für vaterländische
Naturkunde in Württemberg. Stuttgart 1898.
43. Bericht des Vereins für Naturkunde in Kassel. Kassel 1898.
- Bulletin of the geological Institution of the University of Upsala.
Vol. 3, Part II, 26. Upsala 1898.
-

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten
Naturwissenschaften

zu

M a r b u r g.

N^{ro.} 8

November

1898

In der wissenschaftlichen Sitzung vom 23. November 1898
sprach Herr Disse:

Zur Anatomie der Niere.

1. Über das Epithel der gewundenen Rindencanälchen.

Derjenige Abschnitt des Protoplasmas der Epithelzellen in den gewundenen Rindencanälchen, der zwischen dem Lumen und dem Zellkern gelegen ist, wird in verschiedener Form angetroffen. Man findet diesen Abschnitt a) dicker oder dünner, zuweilen leicht gestrichelt, wie ein Saum erscheinend; b) hell und homogen, glasartig, ohne Structur: c) kegelförmig vorspringend, hoch, wie eine Kuppe, die an ihren Seitenflächen noch von einem Saum eingefasst ist, ähnlich dem Stadium a. Indessen handelt es sich hier nicht um eine Trennung des Saumes durch einen austretenden Tropfen, sondern um eine Umwandlung dieses Saumes selbst; der »Saum« schärft sich allmählich zu und geht in die helle Kuppe über. Endlich trifft man derartige hohe Zellkuppen, die keinerlei Saum mehr erkennen lassen. Immer ist die Grenze der Epithelzellen gegen das Lumen eine scharfe, ununterbrochene Linie, mag nun ein gestreifter Saum oder eine helle Kuppe vorliegen.

Die helle, homogene, kegelförmige Zellkuppe findet man häufig an Durchschnitten durch ganz frische Nieren, die ohne jeden Zusatz untersucht werden; ferner trifft man sie bei Nieren an, die in Flemmingscher Lösung fixiert sind. Neben derartigen Zellen finden sich immer viel mehr Zellen vor, bei denen der innere Zellabschnitt wie ein Saum erscheint.

Hat man in Sublimatlösungen, Zenkerscher Flüssigkeit, oder dem Gilschonschen Gemisch (Alkohol-Chloroform-Eisessig) fixiert, so sind die Säume besser erhalten, als die hohen, homogenen Zellkuppen ohne Saum. Die Säume sehen, nach Einwirkung von Zenkerscher Lösung, leicht gestreift aus, an Präparaten aus Flemmingscher Lösung sind sie mehr homogen; zwischen den Zellen mit vollständigem Saum (Stadium a oder b) finden sich immer Zellen des Stadiums c vor, mit an den Rändern noch erhaltenem, in der Mitte zu einer hellen Kuppe gewordenem Saume.

Es handelt sich also um einen inneren, dem Lumen des Harncanälchens zugewandten Abschnitt des Zellprotoplasmas, der in verschiedener Weise ausgebildet sein kann, und bald als gestreifter oder homogener, dicker Saum, bald als ein homogener, heller Kegel erscheint. Keineswegs aber haben wir eine aus feinen starren Härchen bestehende Bildung vor uns, die dem Zellprotoplasma aufsitzt, selbst aber in ihrem Aussehen unveränderlich ist. Von dieser Annahme aber sind frühere Beobachter ausgegangen, und haben das beschriebene Gebilde für einen »Bürstensaum« erklärt. In neuester Zeit hat Sauer (1) das Urteil darüber, ob ein Fixierungsmittel für die Niere anwendbar sei, davon abhängig gemacht, dass der »Bürstensaum« auf allen Zellen in gleicher Weise vorhanden sei, und aus kurzen starren Härchen gebildet erscheine. Er hat seinen Untersuchungen nur Schnitte zu Grunde gelegt, die den Bürstenbesatz klar und deutlich vorhanden zeigen. In Wirklichkeit muss erst untersucht werden, ob immer der freie Abschnitt des Zellprotoplasmas wie ein Bürstensaum erscheint, oder ob er auch eine andere Structur besitzen kann. Die Annahme, dass ein Bürstensaum

vorhanden sein müsse, und dass sein Verschwinden nothwendig durch ein die Zelle schädigendes zerstörendes Fixirungsmittel herbeigeführt sei, ist ganz und gar willkürlich. Ich ziehe es vor, die Bezeichnung »Bürstensaum« zu ersetzen durch den Ausdruck »Zellkuppe«; dieser bezeichnet den das Lumen des Canälchens begrenzenden Theil des Zellenleibes, die Zellkuppe ist ein Stück Zellprotoplasma. Die Zellkuppe besteht aus hellem Protoplasma, der basale Zellabschnitt, der den Kern umgiebt, besteht dagegen aus dunklem, körnigen Protoplasma, und deshalb ist die Grenze beider Abteilungen des Zellenleibes oftmals als eine aus Körnchen bestehende Linie zu sehen. Hier stoßen eben zwei verschieden structurirte Abschnitte des Zellenleibes an einander.

Die Zellkuppe ist von variabler Höhe, und erscheint niedrig oder hoch. Wenn niedrig, erscheint sie von parallelen Streifen durchzogen; das sind Protoplasmastructuren, und nicht etwa Cilien. Der freie Rand der Zelle läuft über das freie Ende dieser scheinbaren Härchen hinweg, und begrenzt das Lumen unmittelbar.

Ich bin der Ansicht, dass die Volumsveränderungen der Zellkuppe, und damit das verschiedene Aussehen derselben, bedingt werden durch Quellung. Diese erfolgt während der Secretion; sie bewirkt, unter Volumszunahme, ein homogenes Aussehen; ist die Quellung noch nicht vollendet, so kann ein Abschnitt der Zellkuppe homogen, ein anderer gestrichelt, structurirt erscheinen. So erklären sich die Bilder, die eine kegelförmige Zellkuppe zeigen, an ihrer Basis noch von einem Saum bedeckt, der zugespitzt in den homogenen Abschnitt übergeht. Da unmittelbar neben derartig aussehenden Zellen solche liegen, die einen parallel gestreiften Saum besitzen, so ist nicht anzunehmen, dass das angewandte Fixirungsmittel einzelne Zellen theilweise zerstört, und den »Bürstensaum« zerrissen habe. Auf alle Zellen in den Canälchen hat das Fixirungsmittel gleichzeitig, in derselben Concentration eingewirkt; wären die Zellen verändert worden, so hätte die Veränderung alle Zellen eines

Canälchens treffen müssen. Die von Sauer gegebene Erklärung, es handle sich unter Einfluss der Fixierungsmittel, um ein Ausreten von Eiweisstropfen aus einzelnen Zellen, wobei der Bürstensaum zerreisse, trifft nicht zu. Dagegen spricht schon das Verhalten der Zellgrenze, und die Zuschärfung des Saumes, während seine Streifung sich allmählich verwischt. Ausserdem muss man fragen: warum treibt das Fixierungsmittel nur aus einzelnen Zellen Tropfen heraus, aus anderen nicht? Schliesslich findet man wie schon erwähnt wurde, Zellen mit kegelförmigen Zellkuppen an Schnitten durch ganz frische Nieren, die ohne Zusatz beobachtet werden.

Die Zellkuppe kann, wenn sie wenig gequollen und niedrig ist, gefärbt werden durch Haematoxylin in Verbindung mit Phosphormolybdänsäure, nach dem von Mallory (2) angegebenen Verfahren; auch durch Säure-Rubin, in wässriger oder Alkoholischer Lösung, lässt sich die Kuppe darstellen. Der aus wirklichen kurzen Härchen bestehende Besatz der Epithelzellen des Dünndarms färbt sich nach dieser Behandlung nicht, was mit dem Unterschied zusammenhängt, der zwischen einem wirklichen »Bürstenbesatz« und einem besonders gebauten Abschnitt des Zellenleibes selbst besteht.

Die verschiedenen Formen der Zellkuppe beruhen nicht auf der Wirkung von Fixierungsmitteln, sondern sie bestehen schon während des Lebens, und werden durch Flemmingsche, Zenkersche, Gilsonsche Lösung annähernd gleich gut conservirt. Der »Bürstenbesatz« ist nur eine, aber nicht die einzige Form, unter welcher die Zellkuppe erscheint.

2. Über die Nerven der Nierenrinde.

Gustav Retzius (3) und Kölliker (4) haben mittelst der Methode von Golgi Nervenfasern in der Niere dargestellt. Sie fanden, dass die Nerven mit den Gefässen eintreten, und diesen durchweg folgend in die Rinde gelangen. Die Arterien werden von Nervengeflechten umsponnen, und diese setzen sich, die Vasa afferentia umgebend, bis zu den Glomerulis fort. Die

Nervenfasern sind marklos; es scheint, dass sie nur für die Gefässwände bestimmt sind.

Mir ist an der Niere einer erwachsenen Maus eine ziemlich vollständige Färbung der Nerven durch die Methode von Golgi gelungen; in dieser Niere fanden sich neben zahlreichen Nerven-geflechtem um Arterien und Vasa afferentia, die genau den von Retzius abgebildeten Plexus gleichen, auch Nerven-geflechte vor, die sicher den Rindencanälchen angehören und hier und da Fasern abgeben, die an der Wand der Canälchen endigen. Es sind weitmaschige Geflechte feiner Fasern, die von den arteriellen Plexus abgehen, in die Rinde eintreten, und einzelne Rindencanälchen umspinnen. Ein derartiges Geflecht wurde von 2 längslaufenden Fasern formirt, indem diese in kurzen Abständen unter rechtem Winkel Zweige abgaben, die das Rindencanälchen umfassten. Man sieht das Rindencanälchen von nervösen Ringen umgeben, die in gleichen Abständen einander folgen.

Eine jede Ringfaser teilt sich dichotomisch; die beiden Teilungsäste laufen den Canälen entlang, und enden in zwei kurze Zweige, deren jeder mit einem Knöpfchen dem Canälchen unmittelbar anliegt. Auf Querschnitten solcher umspinnener Canälchen liegt der nervöse Ring unmittelbar auf der Membrana propria, vielleicht auch innerhalb derselben.

Von den Geflechtem um die vasa afferentia herum unterscheiden sich die Geflechte, die die Harncanälchen umgeben, durch ihre viel weiteren Maschen, sie sind eben bedeutend ärmer an Nervenfasern, und die Verästlung der Fasern selbst ist weniger reichlich. Ich habe derartige Geflechte selten angetroffen; vielleicht beruht das darauf, dass sie sich schwieriger imprägniren, als die periarteriellen Plexus.

Ausser diesen Geflechtem um die Rindencanälchen fanden sich auch einzelne Nervenfasern in der Nierenrinde vor, die nicht zu Gefässflechten gehörten; möglicherweise waren das einzelne gefärbte Fasern eines circumtubulären Geflechtes. Innerhalb der Marksubstanz der Niere wurden keine Nervenfasern gefunden; v. Kölliker hat dort vereinzelt Nervenzweige angetroffen.

3. Das interstitielle Gewebe der Niere.

Das interstitielle Bindegewebe oder Stroma ist bei den Nieren Erwachsener nur spärlich vorhanden; es ist in Begleitung der grösseren Gefässe anzutreffen, ferner in der Marksubstanz und schon Henle (5) hat angegeben, dass in der Marksubstanz der Niere das Stroma aus feinen Fasern besteht, welche die Sammelröhren ringförmig umgeben. Von dem interstitiellen Gewebe trennte man damals die für strukturlos gehaltene Wand der Harncanälchen ab, wenn auch bekannt war, dass an der Spitze der Papillen die grossen Sammelröhren keine eigene Wand haben und dass das Epithel derselben direkt dem Stroma aufsitzt. Erst Mall (6) ist es gelungen, durch Verdauung mit Pankreatin aus Nierenschnitten sämtliche Gewebe mit Ausnahme des Stromas zu entfernen, und das Stroma selbst durch Färbung deutlich zu machen; er fand dass »das ganze Gewebe mit Einschluss der Basalmembranen, von der Kapsel bis zum Becken eine einzige Masse anastomosirender Fibrillen ist.« Da Mall durch Kochen aus der Niere keinen Leim erhielt, rechnet er das interstitielle Gewebe dieses Organs zum reticulären Gewebe.

Die Verdauung ist immerhin eine so eingreifende Behandlung, dass die mit ihrer Hülfe gewonnenen Resultate einer Bestätigung durch andere Untersuchungsmittel bedürfen. Das hat Rühle (7) unternommen; es ist ihm gelungen, an feinen Schnitten gut conservierter Nieren die Fasern des Stroma durch Färbung sichtbar zu machen. Derartige Präparate zeigen das Stroma genau so wie verdaute Schnitte, und besonders lassen sie erkennen, dass die Membrana propria der Harncanälchen aus feinen Fasern besteht, die mit den Fasern des interstitiellen Gewebes überall zusammenhängen.

Mir ist der Versuch, durch Imprägnation mit Silber das Nierenstroma zur Anschauung zu bringen, an den Nieren einer erwachsenen Ratte gelungen; die Nieren wurden, nach der Vorschrift von Kopsch (8) 24 Stunden in ein Gemisch von Kal. bichrom. und Formol, 48 Stunden in Kal. bichrom., dann 3 Tage in $\frac{3}{4}\%$ Silberlösung eingelegt und dieses Verfahren 2 mal wiederholt.

An vielen Stellen dieser Niere, besonders aber in der Rinde war das Stroma schwarz gefärbt. Die zelligen Elemente wurden an den 25 μ dicken Schnitten, die nach dem Verfahren von Kallius (9) reduziert waren, mit Boraxcarmin gefärbt, so dass die Lage der Elemente des Stroma zu den Harncanälchen gut beurteilt werden konnte.

Die Silberimprägnation zeigt das Nierenstroma als ein Netzwerk feiner Fasern. Die Netze liegen in den Wänden der Harncanälchen, ferner zwischen denselben. In der Wand der Harncanäle sind die Netze ausserordentlich engmaschig; die Maschen sind meist polygonal. Die Fasern sind meistens sehr fein, aber von ungleicher Stärke. Manchmal ist die Wandschicht eines Harncanälchens von ringförmigen Fasern gebildet, die durch viele feine Längsfäden verbunden werden; an anderen Stellen ist die Anordnung der Fasern weniger regelmässig, indem längslaufende, ringförmig und schräg ziehende stärkere Fasern überall durch feine Ausläufer mit einander verbunden sind.

Die Bowman'schen Kapseln sind aus sehr feinen Fasern gebildet; die Anfangsstücke der Rindencanälchen, die von den Kapseln ausgehen, zeigen in ihrer Wand Netze sehr feiner Fasern mit relativ weiten Maschen.

Das gesamte interstitielle Gewebe geht aus von der Adventitia der Blutgefässe. Diese enthält sowohl sich einfach kreuzende, als auch durch Ausläufer verbundene Fasern; ausserdem elastische Netze. Von der äusseren Lage der Adventitia geht ein ausschliesslich aus anastomosirenden Fasern gebildetes Netz in die Rinde und das Mark hinein. Die Gefässe erscheinen auf diese Weise als die Träger des gesamten Netzwerks der Niere.

Nun ist die Thatsache, dass durch Maceration in starken Mineralsäuren die Harncanälchen nebst ihrer Wandung sich isoliren lassen, wohl dadurch zu erklären, dass das Stroma zwischen den Harnkanälchen leichter zerstörbar ist als in deren Wand, aber es muss betont werden, dass die Wände der Harncanälchen immer vollständig, niemals durchbrochen erscheinen.

Man erhält durch Isolierung oft Canälchen, aus denen das Epithel eine Strecke weit herausgefallen ist; die Wandschicht erscheint immer wie ein homogenes Rohr, ohne Lücken. Färbt man durch Salzsäure isolirte Harn-Canälchen, nach Auswaschen in Wasser, mit Eosin, so werden die »membranae propriae« roth; die Färbung ist eine ganz gleichmässige, niemals sieht man einzelne gefärbte Fäden und Netze, das spricht dafür, dass die Maschen des Netzwerks in der Canalwand ausgefüllt werden durch eine Kittsubstanz. Diese kann man zugleich mit den Fäserchen nicht darstellen, entweder färbt man die Fasern, oder, mit Eosin, die verbindende Substanz. Durch Verdauung wird die Kittmasse gelöst, durch starke Mineralsäuren allein aber nicht. Wäre keine Kittsubstanz vorhanden, so müsste man das Netzwerk in der Wand der Harncanälchen an frischen Präparaten ohne Färbung schon wahrnehmen können.

Litteratur.

1. *Sauer*, Neue Untersuchungen über das Nierenepithel und sein Verhalten bei der Harnabsonderung. Arch. f. mikr. Anatomie u. Entwicklungsgesch. Bd. 46, 1895.
 2. *Mallory*, Phospho-molybdic Acid Haematoxylin. Anatom. Anzeiger, Bd. 6, S. 375, 1891.
 3. *G. Retzius*, Zur Kenntniss der Nerven der Milz und der Niere. Biolog. Untersuchungen, Bd. 3, 1892.
 4. *v. Kölliker*, Die Nerven der Milz und der Nieren und die Gallenkapillaren. Sitzungsber. d. Phys.-Med. Gesellschaft zu Würzburg, 1893. II. v. 14. Januar.
 5. *Henle*, Eingeweidelehre, II. Aufl., S. 332.
 6. *Mall*, Das reticulirte Gewebe und seine Beziehungen zu den Bindegewebsfibrillen. Abhandl. d. k. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, Math.-Phys. Cl., Bd. 17, Nr. 4, 1891.
 7. *Rühle*, Über die Membrana propria der Harnkanälchen und ihre Beziehung zu dem interstitiellen Gewebe der Niere. Arch. für Anatomie, 1897.
 8. *Kopsch*, Erfahrungen über die Verwendung des Formaldehyds bei der Chromsilber-Imprägnation. Anatom. Anzeiger, Bd. 11. 1896.
 9. *Kallius*, Ein einfaches Verfahren, um Golgi-Präparate f. d. Dauer zu fixiren. Anatom. Hefte, Bd. 2, 1893.
-

In derselben Sitzung (23. November 1898) berichtet Herr E. Nebelthau über

einen Bestandteil der grauen Substanz des Nervensystems:

Nach seinen Untersuchungen erweist sich die färbbare Substanz des Protoplasma der Nervenzellen in Schnitten, welche von gehärteten Rückenmarks- oder Gehirnstückchen der Taube oder des Meerschweinchens nach Nissl hergestellt waren, gegen Ammoniak (2,0 : 100,0) widerstandsfähiger als gegen Natronlauge (1,0 (einer 5% Lauge) : 100,0). Aqua destillata entzog den frischen Gehirn- und Rückenmarkstückchen äusserst langsam die Substanz, welche in Folge der Härtung in Alkohol das Material zum Zustandekommen der Nissl-Reaction abgibt; durch Einwirkung von Soda (1,0 : 1000,0) auf das frische Gewebe erfolgt rasche Lösung dieser Substanz, während eine Lösung der Nissl-Körper am gehärteten Präparat durch Soda angeführter Concentration kaum bewirkt wird.

Nach längerer, selbst tagelanger Einwirkung von ein Volumen % Schwefelsäure auf die in Alkohol gehärteten Präparate werden die Nissl-Körper kaum verändert, wie es bereits im Allgemeinen Held von den Mineralsäuren angegeben hat; nur kann, wohl durch die Schrumpfung der Zellen, die Substanz der Nissl-Körper intensiver gefärbt erscheinen, als in der Norm.

Durch Behandlung (24 Stunden lang) von frischen Rückenmarks- oder Gehirnstückchen mit ein Volumen % Schwefelsäure und durch nachträgliche Härtung derselben in 96 % Alkohol werden mit Methylenblau Bilder erhalten, welche ebenfalls kaum von dem normalen Bilde der Nissl-Körper abzuweichen brauchen.

Gelegentlich beobachtet man auch hier, dass die färbbare Substanz des Protoplasma dunkler gefärbt erscheint als in der Norm und dass sich die Zwischensubstanz mehr oder weniger mitfärbt.

Bei dem erwähnten Verhalten der Nissl-Körper gegen Ammoniak war es naheliegend, daran zu denken, dass an dem Aufbau der Substanz, welche die Nissl-Körper liefert, eventuell histon- oder protaminartige Körper beteiligt seien.

Es wurden daher Gehirne von Kälbern, Rindern und Ochsen, sowie auch von Menschen auf diese Körper hin nach der Methode von Kossel verarbeitet.

Der erhaltene Körper ist in Wasser leicht löslich, schneeweiss und gab eine schwache Biuret- und Millonsche Reaktion.

Der Körper wurde aus seiner wässerigen Lösung, die sauer reagierte, durch Ammoniak gefällt und blieb im Ueberschuss des Reagenz ungelöst, auf Zusatz von Natronlauge oder Natriumcarbonat fiel ein Teil des Körpers aus, löste sich aber im Ueberschuss der Reagentien.

Durch Zusatz von Eiweisslösung, (d. h. in Wasser gelöstes Wittesches Pepton), wurde in der wässerigen Lösung ein Niederschlag erzeugt, der sich bei Zusatz von Ammoniak nicht löste.

Die weitere Zerlegung des Körpers, welche nach den Methoden von Kossel im physiologischen Institut ausgeführt wurde, liess im Zusammenhang mit den angeführten Reaktionen zunächst die Annahme berechtigt erscheinen, dass derselbe vielleicht den histonartigen Körpern zuzurechnen ist. Ueber die Resultate dieser Untersuchungen wird später berichtet.

Nachdem diese Verhältnisse festgestellt, war die nächste Aufgabe, möglichst die Muttersubstanz des Körpers aus dem Gehirn darzustellen, aus welcher der soeben beschriebene histonartige Körper durch Schwefelsäure abgespalten wird.

Gefällt wird die Muttersubstanz mit anderen Körpern, so den Globulinen (Halliburton), aus dem wässerigen Auszug des Gehirns durch ganz geringe Mengen Essigsäure. Der Nachweis, dass in diesem Niederschlag die Muttersubstanz des histonartigen Körpers enthalten ist, wurde durch die Darstellung desselben aus dem Niederschlage nach der genannten Methode erbracht.

Durch Zusatz von Essigsäure im Ueberschuss zum wässerigen Auszug des Gehirn geht ein Theil der Eiweisskörper in Lösung und es setzt sich nach längerem Stehen ein Niederschlag ab, der einen Körper enthält, welcher in Soda löslich und durch Essigsäure gefällt werden kann. Auf Zusatz von ein Volumen 1% Schwefelsäure zu seiner Lösung in Soda entsteht eine Trübung. Er verhält sich wie ein Nucleopröteid, ähnlich dem von Kossel und Lilienfeld, aus den weissen Blutkörperchen dargestellte Leukonuklein oder Nukleohiston.

Da sich die färbbare Substanz das Protoplasma selbst nicht aus Protamin oder Histon bestehend ergab, so ist die stärkere Widerstandsfähigkeit gegen Ammoniak als gegen Natronlauge im gehärteten Präparat zunächst nicht vollständig erklärt. Indessen ist wohl zu berücksichtigen, dass durch die Härtung in Alkohol die Lösungsverhältnisse complicierter Eiweisskörper im Schnittpräparat verändert sein können; auch das Verhalten der umgebenden Substanz kann hier von Einfluss sein.

Durch getrennte Verarbeitung der weissen und grauen Substanz konnte festgestellt werden, dass der histonartige Körper fast ausschliesslich aus der grauen Substanz abgespalten wurde.

Auf die Giftigkeit des Histons ist bereits von H. Kossel hingewiesen worden.

Die Giftprüfung meines histonartigen Körpers am Meerschweinchen ergab als sicher tödliche Dosis $1 \text{ g} = 800 \text{ M}$. Die Tiere gingen nach dieser Dosis in einer Stunde unter dem Anzeichen der Atemnot zu Grunde. Die Sektion ergab ein blutig seröses Exsudat an der Injektionsstelle und im Peritoneum. Die Dosis, welche von den Meerschweinchen vertragen wurde, betrug $0,025 \text{ gr. auf } 100 \text{ gr. M}$.

Von Wassermann und Takaki wurde kürzlich angegeben, dass das Centralnervensystem tetanusantitoxische Eigenschaften besitze.

Freund, Gross und Jelinek wollen vom Histon eine Diphtheriegift abschwächende Wirkung am Meerschweinchen sowohl im Mischungsversuch als auch bei getrennter Einspritzung von Gift und Histon beobachtet haben.

Es lag daher nahe, den histonartigen Körper auf sein Verhalten zum Tetanusgift zu prüfen. Nach Mischung des Körpers mit Tetanusgift im Reagenzglase konnte eine giftabschwächende Eigenschaft desselben beobachtet werden und zwar vermochte derselbe etwa die 4—6fache tödliche Minimaldosis des Tetanusgift unschädlich zu machen.

Bei getrennter subcutaner Injection von Körper und Gift konnte dagegen keine giftzerstörende Eigenschaft festgestellt werden.

In demselben Sinne erwies sich als giftabschwächend eine wässerige Aufschwemmung des Niederschlages, welcher durch Ansäuren mit Essigsäure aus dem wässerigen Gehirnauszug erhalten war, und ein histonartiger Körper, welcher nach der erwähnten Methode von Kossel aus Thymus gewonnen war.

Da ich an der Auffassung, dass es sich hier um eine antitoxische Wirkung handle, Zweifel hegte, so bat ich Herrn Geheimrat Behring um die Beurteilung der Beobachtung. Bei der Prüfung im Behringschen Institut, welche von Herrn Kitaschima und Dr. Ruppel ausgeführt wurde, ergab sich zunächst insofern eine Bestätigung meiner Versuche, als festgestellt werden konnte, dass der Körper eine etwa zwölffache Abschwächung des Tetanusgiftes bei der Mischung im Reagenzglase hervorzurufen vermochte.

Ferner aber zeigte es sich, dass nach Neutralisierung der dem basischen Körper anhaftenden Säure, welche Herr Dr. Ruppel mit Soda vornahm, die Abschwächung des Tetanusgiftes nicht mehr nach subcutaner Injektion am Meerschweinchen constatiert werden konnte, allerhöchstens eine geringe Verlängerung des Incubationsstadiums.

Nachdem sich somit ergeben, dass die Abschwächung des Tetanusgiftes in meinen Versuchen auf den sauren Eigenschaften des Präparates beruht und nicht ohne Weiteres als giftbindende Wirkungen des Eiweissanteils betrachtet werden darf, liess sich die Wirkung des Niederschlages, welcher durch Essigsäurezusatz aus dem Wasserauszug des Gehirns gewonnen war, auf dieselbe Ursache zurückführen.

Ob auch die saure Reaction der grauen Substanz des Gehirns für die giftabschwächende Wirkung desselben von Bedeutung ist, würde nach dem Gesagten wohl zu erwägen sein.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesammten
Naturwissenschaften

zu

M a r b u r g.



Jahrgang 1899.

M A R B U R G.

Universitäts-Buchdruckerei (R. Friedrich).
1900.

