

Sitzungsberichte

der

**Gesellschaft zur Förderung der gesamten
Naturwissenschaften**

zu

Marburg

Jahrgang 1920

Marburg

Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch (Dr. C. Hitzeroth)
Im Kommissionsverlag der N. G. Elwert'schen Verlagsbuchhandlung (G. Braun)
1921.

Inhalt.

	Seite
A. Thiel, Ueber Disglomeration, eine neue Art von Umwandlung regulinischer Metalle (mit Demonstrationen)	1
R. Wedekind, Ueber Virenzperioden (Blüteperioden)	18
O. Schindewolf, Ueber die Siphonalbildungen der Ammonidea	32
H. Valentiner, Die Verwendung des Maßes des Verdachtes auf systematische Fehler in der experimentellen Pädagogik	43
E. Frey, Die Zuckung des Skelettmuskels und Herzens auf Grund von Stoffwechselfvorgängen	47
E. Korschelt, Ueber Lebensdauer und Altern bei Copepoden und Ostracoden (nach Untersuchungen von Fräulein Dr. E. Walter und Dr. E. Schreiber)	67
W. Harms, Ueber ein cyclisch auftretendes Organ bei der Zwergfledermaus	76
W. Jaensch, Ueber Beziehungen von körperlichen und psychischen Eigenschaften der Persönlichkeit mit besonderer Rücksicht auf innere Sekretion und klinische Fragen	84
Veit, Ueber einen menschlichen Embryo aus dem Anfang der vierten Woche (Vorläufige Mitteilung)	95
Benninghof, Zur vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Amphibienherzens und zur Phylogenie des Reizleitungssystems	107
Berichte der Sitzungen	118

Verzeichnis der Mitglieder*)

(am Schluß des Jahres 1919).

Ehrenmitglieder.

<i>Marchand, Felix</i> , Dr. med., o. Professor der pathol. Anatomie, Geh. Med.-Rat, Leipzig	19. 12. 00
<i>Kayser, Emanuel</i> , Dr. phil., o. Prof. em. der Geologie, Geh. Reg.- Rat, München	23. 10. 18 (13. 1. 86)

Einheimische Mitglieder.

A. Ordentliche.

<i>Ahlfeld, Friedrich</i> , Dr. med., o. Prof. em. d. Gynäkol., Geh. Med.-Rat	11. 7. 83
<i>v. Auwers, Karl</i> , Dr. phil., o. Prof. der Chemie, Geh. Reg.-Rat	17. 12. 13
<i>Bielschowsky, Alfred</i> , Dr. med., o. Professor der Augenheilkunde, Geh. Med.-Rat	6. 3. 14 (30. 7. 13)
<i>Bonhoff, Heinrich</i> , Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Geh. Med.-Rat	9. 3. 04 (8. 11. 99)
<i>Feussner, Wilhelm</i> , Dr. phil., o. Hon.-Professor der theoretischen Physik, Geh. Reg.-Rat	14. 7. 81 (10. 6. 69)
<i>Gadamer, Johannes</i> , Dr. phil., o. Prof. der pharmazeut. Chemie Geh. Reg.-Rat	28. 5. 19 (9. 3. 98)
<i>Göppert, Ernst</i> , Dr. med., o. Professor der Anatomie	22. 10. 19 (4. 12. 12)
<i>Gürber, August</i> , Dr. med. et phil., o. Professor d. Pharmakologie	28. 6. 11 (9. 12. 08)
<i>Hensel, Kurt</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik Geh. Reg.-Rat	10. 12. 02
<i>Hildebrand, Heinrich</i> , Dr. med., o. Hon.-Professor der gerichtl. Medizin, Geh. Med.-Rat	12. 5. 15 (14. 12. 043)
<i>Hofmann, Franz</i> , Dr. med., o. Prof. d. Physiologie, Geh. Med.-Rat	21. 6. 16
<i>Jaensch, Erich</i> , Dr. phil., o. Professor der Philosophie	10. 3. 15 (11. 6. 138)
<i>Korschelt, Eugen</i> , Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Geh. Reg.-Rat	26. 7. 98
<i>Kutscher, Friedrich</i> , Dr. med., a. o. Professor der Physiologie	12. 2. 93 (16. 2. 08)
<i>Läwen, Arthur</i> , Dr. med., o. Prof. der Chirurgie	23. 6. 20
<i>Löhlein, Max</i> , Dr. med., o. Professor der patholog. Anatomie	10. 7. 18
<i>Meyer, Arthur</i> , Dr. phil., o. Professor der Botanik, Geh. Reg.-Rat	4. 11. 91

* Die Daten bedeuten den Tag der Ernennung, die in Parenthese ge-
setzten Daten den Tag der Ernennung zum außerordentlichen Mitglied

IV

<i>Müller, Eduard</i> , Dr. med., a. o. Prof., Direktor der med. Poliklinik	7. 5. 11
<i>Neumann, Ernst</i> , Dr. phil., o. Prof. der Mathematik	(9. 2. 10)
<i>Ostmann, Paul</i> , Dr. med., o. Hon.-Prof. d. Otologie, Geh. Med.-Rat	10. 11. 20
<i>Schaefer, Clemens</i> , Dr. phil., o. Prof. der Physik	13. 11. 95
<i>Schmidt, Ernst</i> , Dr. phil., o. Professor der pharmazeut. Chemie, Geh. Reg.-Rat	8. 12. 20
<i>Schulze, Franz Arthur</i> , Dr. phil., Prof., a. o. Prof. der theor. Physik	11. 3. 85
<i>Schultze Jena, Leonhard</i> , Dr. phil., o. Professor der Geographie	5. 8. 08
<i>Schwenkenbecher</i> , Dr. med., o. Prof. der inneren Medizin	(31. 7. 01)
<i>Thiel, Alfred</i> , Dr. phil., o. Professor der physikalischen Chemie	7. 5. 13
<i>Tuczek, Franz</i> , Dr. med., o. Prof. der Psychiatrie, Geh. Med.-Rat	23. 6. 20
<i>Wedekind, Rudolf</i> , Dr. phil., o. Prof. d. Geologie u. Paläontologie	(10. 3. 11)
<i>Weigel, Otto</i> , Dr. phil., o. Professor der Mineralogie	15. 5. 95
<i>Wollenberg, Robert</i> , Dr. med., o. Professor der Psychiatrie und Neurologie, Geh. Med.-Rat	(14. 3. 90)
<i>Zangemeister, Wilhelm</i> , Dr. med., o. Professor der Gynäkologie	12. 12. 17
<i>Zinke, Theodor</i> , Dr. med., o. Prof. em. der Chemie, Geh. Reg.-Rat	10. 7. 18
	(9. 2. 16)

B. Außerordentliche.

<i>Berlin, Ernst</i> , Dr. phil., Assistent am physiologischen Institut	28. 5. 19
<i>Blanckenhorn, Max</i> , Professor Dr., Landesgeologe	28. 6. 11
<i>Brand, Walter</i> , Dr. phil., Studienrat, Oberlehrer	13. 1. 76
<i>v. Dalwigk, Friedrich</i> , Dr. phil., Prof., Privatdozent der reinen und angewandten Mathematik	18. 1. 13
<i>Esch, Peter</i> , Dr. med., Professor, Privatdozent	9. 5. 00
<i>Frey, Ernst</i> , Dr. med., Professor, Privatdozent	20. 11. 13
<i>Grüter, Wilhelm</i> , Dr. med., Professor, Privatdozent, Assistent an der Augenklinik	30. 7. 13
<i>Harms, Wilhelm</i> , Dr. phil., Professor, Privatdozent der Zoologie	28. 6. 11
<i>Jahrmärker, Max</i> , Dr. med., Professor, Privatdozent, Direktor der Landesheilanstalt	7. 6. 10
<i>Kauffmann, Oskar</i> , Hauptmann d. L., Forschungsreisender	10. 2. 04
<i>Knabe</i> , Dr. phil., Geh. Reg.-Rat, Direktor der Oberrealschule	13. 12. 11
<i>Kreckwitz, Hans</i> , Dr. med., Assistent an der medicin. Poliklinik	19. 2. 19
<i>Nordhausen, Max</i> , Dr. phil., a. o. Professor der Botanik	24. 6. 14
<i>Reissert, Arnold</i> , Dr. phil., Professor, Privatdozent der Chemie	12. 5. 12
<i>Rick</i> , Dr. med., Assistent an der Frauenklinik	11. 2. 03
<i>Rielländer, August</i> , Dr. med., Prof., Privatdozent der Gynäkologie	24. 6. 14
<i>Rohmer, Paul</i> , Dr. med., Privatdozent	13. 6. 06
<i>Schenck, Martin</i> , Dr. med. et phil., Privatdozent, Professor, Assistent am pharmazeut. Institut	17. 12. 13
<i>Schwantke, Arthur</i> , Dr. phil., Professor, Privatdozent, Assistent am mineralogischen Institut	28. 6. 11
<i>Siebert, Karl</i> , Dr. phil., Chemiker	21. 6. 99
<i>Strecker, Wilhelm</i> , Dr. phil., a. o. Professor der Chemie	14. 5. 02
<i>Strieder, Franz</i> , Dr. phil., Assistent am physikalischen Institut	6. 3. 14
<i>Stuchtey, Karl</i> , Dr. phil., Privatdozent, Assist. am physik. Institut	10. 7. 18
<i>Take, Emil</i> , Professor, Dr. phil., Privatdozent, Assistent am physikalischen Institut	9. 12. 08
<i>Tönniges, Karl</i> , Dr. phil., Professor, Assistent am zoolog. Institut	9. 12. 08
	16. 2. 98

V

<i>Veit, Otto</i> , Dr. med., Privatdozent, Professor, I. Prosektor . . .	28.	7. 09
<i>Wagener, Oskar</i> , Dr. med., a. o. Professor der Otologie . . .	12.	12. 17
<i>Wilson, Karl</i> , Geh. Reg.-Rat	19.	2. 19
<i>Wintzer, Paul</i> , Dr. med., prakt. Arzt	13.	5. 14

Auswärtige Mitglieder. *)

<i>Ach, Narciss</i> , Dr. med. et phil., Prof. der Philosophie, Königsberg	(8.	2. 05)
<i>Ackermann, Dankwart</i> , Dr. med., Professor, Privatdozent der Physiologie, Würzburg	(5.	8. 08)
<i>Andrée, Karl</i> , Dr. phil., a. o. Professor der Geologie, Königsberg	(4.	8. 10)
<i>Aschoff, Ludwig</i> , o. Prof. der patholog. Anatomie, Freiburg i. Br.	17.	6. 03
<i>Axenfeld, Theodor</i> , Dr. med., o. Professor der Ophthalmologie, Freiburg i. Br.	(15.	1. 96)
<i>Barth, Adolf</i> , Dr. med., o. Professor der Otologie, Leipzig . . .	4.	11. 91
<i>Barth, Arthur</i> , Dr. med., Professor, Oberarzt, Danzig	(13.	11. 95)
<i>Beneke, Rudolf</i> , Dr. med., o. Professor der path. Anatomie, Halle	14.	11. 06
<i>Berblinger, Walter</i> , Professor, Dr. med., Privatdozent, Kiel . . .	(8.	2. 05)
<i>v. Bergmann, Gustav</i> , Dr. med., o. Prof. d. inn. Medizin, Frankfurt a. M.	10.	5. 17
<i>Böhm, Kudolf</i> , Dr. med., o. Professor der Pharmazie, Geh. Med.- Rat, Leipzig	20.	5. 81
<i>Borrmann, Robert</i> , Dr. med., Professor, Direktor der patholog. Anatomie, Braunschweig	(14.	5. 02)
<i>Braver, Ludolf</i> , Dr. med., o. Professor, Direktor der medizinischen Klinik in Hamburg-Eppendorf	(14.	12. 04)
<i>*Breithaupt, Wilhelm</i> , Dr. ing. h. c., Cassel	23.	10. 18
<i>Bravns, Reinhard</i> , Dr. phil., o. Professor der Mineralogie, Geh. Berg-Rat, Bonn	(27.	1. 88)
<i>Bruns, Oskar</i> , Dr. med., a. o. Prof. der inn. Medizin, Göttingen . .	(28.	6. 11)
<i>Buchholz, Adolf</i> , Dr. med., Professor, Hamburg	8.	12. 97
<i>Busz, Karl</i> , Dr. phil., o. Professor der Mineralogie, Münster . . .	(19.	6. 95)
<i>Cloos, Hans</i> , Dr. phil., o. Professor der Geologie u. Paläontologie, Breslau	10.	3. 15
<i>Diels, Ludwig</i> , Dr. phil., Kustos am botanischen Museum, a. o. Professor an der Universität, Berlin-Dahlem	28.	6. 11
	(28.	7. 09)
<i>Dietrich, Theodor</i> , Dr. phil., Professor, Geh. Reg.-Rat, Hannover	(15.	1. 96)
<i>Drevermann, Fritz</i> , Dr. phil., Professor, Frankfurt a. M.	(11.	2. 03)
<i>Enderlen, Eugen</i> , Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Heidelberg	12.	2. 97
<i>*Eysell, Adolf</i> , Dr. med., Geh. Sanitätsrat, Cassel	23.	10. 18
<i>Falk, Ferdinand August</i> , Dr. med., a. o. Prof. d. Pharmazie, Kiel	28.	4. 75
<i>*Fennel, Adolf</i> , Inhaber der Firma Otto Fennel Söhne, Cassel . . .	(23.	10. 18)
<i>Fischer, Guido</i> , Dr. phil., a. o. Professor der Zahnheilkunde, Hamburg	28.	6. 11
<i>Fraenkel, Karl</i> , Dr. med., o. Professor der Hygiene, Halle	4.	11. 91
<i>Fries, Karl</i> , Dr. phil., o. Professor der Chemie, Braunschweig. . .	10.	3. 15
	(9.	3. 04)
<i>Füeter, Rudolf</i> , Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Zürich . .	(3.	5. 07)
<i>Goebel, Karl</i> , Dr. phil., o. Professor der Botanik, München	27.	1. 88
<i>*Guder</i> , Dr. med., Geh. Med.-Rat, Kreisarzt, Laasphe	23.	10. 18
<i>Hagemann, Richard</i> , Dr. med., Professor, Privatdozent, Würzburg	13.	5. 14

*) Die mit einem * bezeichneten sind korrespondierende, die sämtliche¹¹ übrigen ehemalige einheimische Mitglieder.

VI

<i>Haselhoff, Emil</i> , Dr. phil., Professor, Direktor der landwirtsch. Versuchsstation, Cassel	(11. 2. 03)
<i>Häcker, Rudolf</i> , Dr. med., Professor, Oberarzt der chirurgischen Klinik, Essen	(7. 6. 10)
<i>Heffter, Arthur</i> , Dr. phil. et med., o. Professor der Pharmakologie, Berlin	14. 11. 06
<i>Heine, Leopold</i> , o. Professor der Ophthalmologie, Kiel	(18. 1. 99)
<i>Hellinger, Ernst</i> , Dr. phil., a. o. Professor der Mathematik, Frankfurt a. M.	(12. 1. 10)
* <i>Heraeus, Wilhelm</i> , Dr. phil., Leiter der Firma W. C. Heraeus, Hanau	23. 10. 18
<i>Hermann, Theodor</i> , Dr. phil., Hanau	(2. 7. 68)
<i>v. Hess, Karl</i> , Dr. med., o. Professor der Ophthalmologie, München	11. 11. 96
<i>Hess, Otto</i> , Dr. med., Professor, Oberarzt, Posen	(25. 6. 02)
* <i>Heusler, Fritz</i> , Dr. phil., Hüttdirektor, Dillenburg	8. 2. 05
<i>Hohmeier, Friedrich</i> , Dr. med., Professor, Oberarzt am städt. Krankenhaus, Coblenz	(24. 6. 14)
<i>Hürter, Jakob</i> , Dr. med., Professor, Oberarzt am städt. Krankenhaus, Mainz	17. 12. 13
<i>Jores, Leonhard</i> , Dr. med., o. Professor, Direktor des patholog. Instituts, Kiel	9. 7. 13
<i>Jung, Heinrich</i> , Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Halle	(13. 12. 05)
<i>Katsch, Gerhard</i> , Dr. med., Privatdozent, Frankfurt a. M.	29. 5. 18
<i>Keller, Oskar</i> , Dr. phil., a. o. Professor der pharmaz. Chemie, Jena	28. 6. 11
<i>König, Friedrich</i> , Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Würzburg	9. 7. 13
<i>Körner, Theodor</i> , Dr. phil., Chemiker, Buxtehude	21. 3. 17
<i>Kossel, Albrecht</i> , Dr. med., o. Professor der Physiologie, Geh. Rat, Heidelberg	15. 5. 95
<i>Krauss, Wilhelm</i> , Dr. med., Professor der Augenheilkunde an der medizinischen Akademie, Düsseldorf	(10. 7. 07)
<i>v. Krehl, Ludolf</i> , Dr. med., o. Prof. der inn. Medizin, Heidelberg	8. 11. 99
<i>Küster, Ernst</i> , Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Geh. Med.-Rat, Berlin	4. 11. 91
<i>Küttner, Hermann</i> , Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Breslau	(8. 2. 05)
* <i>Leitz, Ernst, jun.</i> , Dr. phil. h. c., Wetzlar	23. 10. 18
<i>Löning, Fritz</i> , Dr. med., Prof., Chefarzt am Krankeukaus in Altona	9. 7. 13
<i>Loewi, Otto</i> , Dr. med., o. Professor der Pharmakologie, Graz	(15. 5. 01)
<i>Lotz, Heinrich</i> , Dr. phil., Geologe, Berlin	(13. 12. 99)
<i>Matthes, Max</i> , Dr. med., o. Professor der inneren Medizin, Geh. Med.-Rat, Königsberg	28. 6. 11
<i>Meisenheimer, Johannes</i> , Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Leipzig	5. 8. 08
	(16. 2. 98)
* <i>Mense, Karl</i> , Dr. med., Professor, Cassel	23. 10. 18
<i>Meyer, Hans</i> , Dr. med., o. Professor der Pharmakologie, Wien	11. 3. 85
<i>Misch, Georg</i> , Dr. phil., o. Professor der Philosophie, Göttingen	(30. 7. 13)
<i>v. Müller, Friedrich</i> , Dr. med., o. Prof. der inn. Medizin, München	26. 7. 93
<i>Neide, Ernst</i> , Major a. D., Dr. phil., Allstedt, Sachsen-Weimar	(13. 1. 04)
<i>Noll, Alfred</i> , Dr. med., a. o. Professor der Physiologie, Jena	(16. 2. 98)
<i>Obst, E.</i> , Dr. phil., a. o. Professor der Geographie, Breslau	(13. 11. 12)
<i>Oestreich, Karl</i> , Dr. phil., o. Professor der Geographie, Utrecht	(9. 3. 04)
<i>Opitz, Erich</i> , Dr. med., Prof., Direktor der Frauenklinik, Gießen	(13. 1. 04)
<i>Pfannkuch, Wilhelm</i> , Dr. med., prakt. Arzt, Cassel	(17. 1. 72)
<i>Plate, Ludwig</i> , Dr. phil., o. Professor der Zoologie, Jena	(27. 1. 88)
<i>Plenge, Enriquez</i> , Dr. med., Heidelberg	(7. 3. 99)

VII

<i>Ransom, Frederick</i> , Dr. med., Cambridge	(7. 3. 99)
<i>Rathke, Bernhard</i> , Dr. phil., Professor der physik. Chemie, Meran	14. 3. 84
* <i>Rehn, Joh. Heinrich</i> , Dr. med., San.-Rat, Frankfurt a. M.	26. 11. 80
<i>Romberg, Ernst</i> , Dr. med., o. Professor der inn. Medizin, München	20. 6. 00
* <i>Roser, Wilhelm</i> , Dr. phil., Professor, Höchst	23. 10. 18
<i>Rost, Eugen</i> , Dr. med., Regierungsrat, Berlin	(16. 2. 98)
<i>Rubner, Max</i> , Dr. med., o. Professor der Physiologie, Geh. Med.-Rat, Berlin	13. 1. 86
<i>Rühl, Alfred</i> , Dr. phil., a. o. Professor der Geographie, Berlin	(28. 7. 09)
<i>Rumpf, Theodor</i> , Dr. med., Professor, Bonn	14. 3. 90
<i>Rupp, Frwin</i> , Dr. phil., o. Professor für Pharmazie, Königsberg	(14. 12. 04)
<i>Ruppel, Wilhelm</i> , Dr. phil., Professor, Höchst	(18. 7. 00)
<i>Sauerbruch, Ferdinand</i> , Dr. med., o. Professor der Chirurgie, München	(7. 6. 10)
<i>Schaum, Karl</i> , Dr. phil., o. Professor der physik. Chemie, Gießen	13. 12. 05
	(11. 8. 97)
<i>Schenck, Rudolf</i> , Dr. phil., o. Professor der Chemie, Geh. Reg.-Rat, Münster	(11. 8. 97)
<i>Schmidt, Martin</i> , Dr. med., o. Professor der patholog. Anatomie, Würzburg	28. 6. 11
<i>Schöne, Georg</i> , Dr. med., Privatdozent für Chirurgie, Greifswald	(7. 6. 10)
<i>Schottelius, Max</i> , Dr. med., o. Professor der Hygiene, Hofrat, Freiburg i. B.	(11. 7. 79)
<i>Schottky, Friedrich</i> , Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Geh. Reg.-Rat, Berlin	15. 5. 95
<i>Schridde, Hermann</i> , Dr. med., Professor, Direktor der patholog. Anatomie, Dortmund	(13. 12. 05)
<i>Seddig, Max</i> , Dr. phil., Professor, Privatdozent der Physik, Frankfurt a. M.	(17. 6. 03)
<i>Siemens, Friedrich</i> , Dr. med., Geh. Med.-Rat, Direktor der Landes-Irrenanstalt Lauenburg i. P.	(19. 12. 79)
<i>Stoeckel, Walter</i> , Dr. med., o. Professor, Direktor der gynäkolog. Klinik, Kiel	(5. 8. 08)
<i>Strahl, Hans</i> , Dr. med., o. Professor der Anatomie, Gießen	27. 1. 88
	(14. 12. 80)
<i>Straub, Walther</i> , Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Freiburg	(13. 12. 05)
<i>Study, Eduard</i> , Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Bonn	(14. 3. 90)
<i>Uthoff, Wilhelm</i> , Dr. med., o. Professor der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Breslau	4. 11. 91
* <i>Vogt, Heinrich</i> , Dr. med., Professor, Wiesbaden	23. 10. 18
<i>Wegener, Alfred</i> , Dr. phil., Professor, Privatdozent der Meteorologie und Astronomie, Hamburg	12. 5. 15
	(28. 7. 09)
<i>Wendel, Walther</i> , Dr. med., Professor, Direktor des städtischen Krankenhauses, Magdeburg-Sudenburg	(12. 2. 02)
<i>Wernicke, Erich</i> , Dr. med., Professor, Direktor des hygienischen Instituts in Posen	16. 2. 98
	(10. 2. 97)
* <i>Wortmann</i> , Geh. Rat, Professor Dr., Geisenheim	23. 10. 18
<i>Ziegenbein, Hans</i> , Dr. phil., Vorsteher des Nahrungsmittelamts, Stralsund	(14. 5. 02)

VIII

Durch den Tod hat die Gesellschaft verloren:

von den ordentlichen Mitgliedern:

Richarz, Franz, Dr. phil., o. Professor der Physik, Geh. Reg.-Rat 15. 5. 01

von den korrespondierenden Mitgliedern:

Börsch, Anton, Dr. phil., Geh. Rat, Homberg a. d. Efze 23. 10. 18

von den auswärtigen Mitgliedern:

Pfeffer, Wilhelm, Dr. phil., o. Professor der Botanik, Geh. Hofrat,
Leipzig (27. 4. 71)

Ribbert, Hugo, Dr. med., o. Prof. der patholog. Anatomie, Geh. Rat,
Bonn 20. 6. 00

Der Vorstand.

F. Hofmann, Vorsitzender.

F. A. Schulze, ständiger Schriftführer.

A. Thiel, Schatzmeister.

R. Wedekind, Schriftenleiter.

Engerer Ausschuß.

F. Richarz, stellvertr. Vorsitzender. *F. Tuczek. Gadamer. Thiel.*

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg

Nr. 1

März

1920

In der Sitzung vom 30. März hielt Herr A. Thiel den Vortrag:

Ueber Disglomeration, eine neue Art von Umwandlung regulinischer Metalle (mit Demonstrationen).

A. Einleitung.

Beim Durchmustern der Literatur der Kriegsjahre stieß ich auf Mitteilungen von H. Heller¹⁾ und von E. Cohen und W. D. Helder man²⁾, in denen Zerfallserscheinungen am Blei, die auf die Bildung einer allotropen Modifikation dieses Metalls zurückgeführt werden, beschrieben und näher untersucht werden. Hiernach liegt der Fall des Bleis ganz ähnlich wie der des weißen und grauen Zinns, nur mit dem Unterschiede, daß die Umwandlungstemperatur sehr merklich über Zimmertemperatur liegen soll, weshalb die Umwandlung des gewöhnlichen, kompakten, durch Erstarren aus dem Schmelzflusse gewonnenen Bleis in die bröckelige, allotrope Modifikation schon bei Zimmertemperatur mit recht ansehnlicher Geschwindigkeit erfolgt. Als bestes Mittel zur Auslösung dieser Umwandlung wird das Einbringen gewöhnlichen Bleis in eine angesäuerte Bleinitratlösung oder in eine mit etwas Salpetersäure versetzte Lösung von Bleiacetat bezeichnet; aber auch in Lösungen von Bleichlorid oder von Bleiacetat allein soll die Umwandlung erfolgen, wenn auch sehr viel langsamer. Chemische Reaktionen zwischen dem Blei und der Lösung sollen nicht in Frage kommen. Die physikochemische Untersuchung stützt sich auf Messungen der Dichten und der Volumänderung bei der Umwandlung. Auffälligerweise konnte die im Falle des Zinns so charakteristische Impfwirkung der stabilen Modifikation auf die instabile nicht beobachtet werden. Durch das Auftreten einer bei Zimmertemperatur stabilen allotropen Form des Bleis würde die schon seit längerer Zeit bekannte³⁾, aber bisher noch unerklärte Tatsache verständlich werden, daß kompaktes Blei aus Lösungen

1) Zeitschr. f. physik. Chem. 89, 761 (1915).

2) Ebenda S. 733.

3) J.-B. Senderens, Bull. soc. chim. [3] 11, 424 (1894).

seines Nitrats Blei in Gestalt bleibaumartiger Gebilde ausscheidet, gleichsam als ob es ein unedleres Metall wäre.

Die experimentelle Leichtzugänglichkeit der geschilderten Erscheinung bewog mich, diesen Fall als Beispiel einer allotropen Umwandlung für meine Vorlesung zu verwenden. Dabei ergaben sich aber unvorhergesehene Schwierigkeiten und höchst merkwürdige Abweichungen von demjenigen Verhalten des in Rede stehenden Systems, das nach den Feststellungen der eingangs genannten Autoren und aufgrund der Erfahrungen mit anderen Allotropiefällen zu erwarten gewesen wäre. Hierdurch wurde ich zu einer näheren Beschäftigung mit diesem Gegenstande veranlaßt, die sich infolge der Langsamkeit der in Betracht kommenden Reaktionen von Juli 1919 bis zur Gegenwart hinzog. Nun ist es allerdings im allgemeinen nicht üblich, Untersuchungen auf fremdes Arbeitsgebiet auszudehnen; jedoch ist die von Cohen und Helder man in ihrer von Oktober 1914 datierten Arbeit für „bald“ angekündigte eingehendere Untersuchung der verschiedenen Modifikationen des Bleis und ihrer Stabilitätsgebiete bis heute nicht erschienen, vielmehr inzwischen von anderer Seite über dieses Gebiet gearbeitet worden¹⁾. Vor allem aber bewegen sich meine Versuche in ganz anderer Richtung und führen auch zu Ergebnissen, die von denen der ersten Bearbeiter der Erscheinung vollkommen abweichen. So halte ich mich denn zu der nachfolgenden Mitteilung meiner Versuchsergebnisse für berechtigt.

Von Tatsachen, die Zweifel an der Richtigkeit der von Heller wie von Cohen und Helder man ausgesprochenen Auffassung vom Wesen der Bleiumwandlung erwecken mußten, sind vor allem zwei zu nennen:

1. Die Umwandlung des Bleis erfolgt (entgegen der Angabe der genannten Autoren) ausschließlich in nitrathaltigen Lösungen.
2. Reinigt man das in deutlicher Umwandlung begriffene Blei durch Waschen mit Säure vorsichtig von dem aus basischen Salzen bestehenden Ueberzuge, der sich bei längerem Verweilen in nitrathaltigen Lösungen vielfach bildet und die Umwandlung schließlich unterbrechen kann, und bringt das nunmehr blanke, teilweise zerfallene Metall in eine nitratfreie, angesäuerte Bleisalzlösung, so schreitet die Umwandlung in dieser nicht fort, sondern beharrt in dem Stadium, das sie bei der Entfernung aus der Nitratlösung erreicht hatte.

1) E. Jänecke, Zeitschr. f. physik. Chem. 90, 313 (1915).

Diese sich bereits bei einigen orientierenden Handversuchen unverkennbar aufdrängenden Beobachtungen forderten zu einer gründlichen Neubearbeitung des in Rede stehenden Falles heraus. Die Untersuchung richtete sich vornehmlich auf die Beantwortung folgender Fragen:

1. Welche Rolle spielt das Nitrat bei der Umwandlung des Bleis?
2. Welches ist die Natur des metallischen Reaktionsproduktes?
3. In welcher Weise findet bei der veränderten Sachlage die „Bleibaumfrage“ ihre Erledigung?

B. Versuchsergebnisse.

Das zu den Versuchen benutzte Bleimaterial war teils technisches Weichblei (Wasserleitungsrohr), teils ein Originalpräparat von Kahlbaum (wie es auch Cohen und Helderman benutzt hatten). Das technische Metall wurde analysiert und erwies sich als sehr rein. In etwa 15 g konnte keine der sonst üblichen Verunreinigungen auch nur qualitativ nachgewiesen werden mit Ausnahme von Eisen, dessen Menge zu rund 0,005 % bestimmt wurde. Das Metall wurde in etwa 4 mm dicke Platten gegossen, die dann nach Bedarf in Streifen geschnitten wurden. Beim Erstarren wurde das Blei teilweise mit kaltem Wasser abgeschreckt. Ein grundsätzlicher Unterschied im Verhalten des abgeschreckten von dem des nicht abgeschreckten Metalls ergab sich jedoch nicht.

Die Bleisalzlösungen, mit denen das Metall behandelt wurde, waren in den meisten Fällen der von Heller benutzten Lösung entsprechend zusammengesetzt, sodaß vergleichbare Versuchsbedingungen vorlagen. Die „Hellersche Lösung“ ist eine ungefähr 1 molare Bleiacetatlösung, die außerdem für Salpetersäure etwa 0,4 normal ist; sie enthält im Liter demnach 0,8 Mole Bleiacetat, 0,2 Mole Bleinitrat und 0,4 Mole Essigsäure. Sonstige Bleisalzlösungen wurden daher im allgemeinen ebenfalls 1 molar für Bleisalz und 0,4 normal für Säure gemacht. In den meisten Fällen wurden 8–10 g Blei in 10 cm³ Lösung eingebracht.

Die Zahl der Einzelversuche, die teilweise zu Reihen von je 10 bis 20 gleichartigen und gleichzeitigen Versuchen zusammengefaßt wurden, betrug etwa 150; grundsätzliche Abweichungen im Verhalten einzelner Versuchsobjekte von anderen gleichartig behandelten wurden niemals beobachtet. In den Reihenversuchen wurde immer die Hälfte der Bleiprobe vor der Behandlung mit der Versuchslösung oberflächlich mit verdünnter Salpetersäure abgeätzt, während die übrigen Proben ihre ursprüngliche Gußoberfläche behielten; auch hieraus ergab sich aber kein grundsätzlich verschiedenes Verhalten. Das Kahlbaumsche Blei scheint

zunächst etwas langsamer zu reagieren als das technische Metall doch wurden exakte Messungen in dieser Richtung nicht angestellt.

Die Temperatur schwankte in den Herbstmonaten um 18° herum und sank im Dezember und Januar infolge des Mangels an Heizmaterial zeitweise fast bis auf 0°. Bei den tieferen Temperaturen war die Verlangsamung der Reaktion unverkennbar. In den letzten Monaten konnte bei regelmäßiger Heizung im Mittel wieder Zimmertemperatur (18°) innegehalten werden.

Folgendes sind die Versuchsergebnisse.

1. Die Bedeutung des Nitrats für die Umwandlung des Bleis.

Bei Verwendung von Hellerscher Lösung sowie von Bleinitratlösung, die mit Salpetersäure oder Essigsäure angesäuert war, vollzog sich die Umwandlung im wesentlichen in der schon von Heller beschriebenen Weise. Ihre Geschwindigkeit erschien jedoch geringer, wohl deswegen, weil ich mit relativ wenig Lösung arbeitete. Die Umwandlung kam in vielen Fällen schließlich zum Stillstande, weil sich das Blei mit einer schützenden Kruste basischer Salze überzog. Die Einwirkung der Luft (und namentlich wohl ihres Kohlendioxydgehaltes) scheint dabei eine gewisse Rolle zu spielen; denn das Blei blieb in Hellerscher Lösung (in der das Phänomen etwas weiter verfolgt wurde) stets blank und verfiel daher schließlich vollkommener Umwandlung, wenn die Lösung nur durch eine ausreichend dicke Schicht von Natronkalk mit der Außenluft in Verbindung stand.

Daß ein Gehalt der Lösung an Nitrat Vorbedingung für den Beginn der Umwandlung des Bleis ist, erhellt aus der Beobachtung, daß bei Verwendung nitratfreier Lösungen in keinem einzigen Falle Umwandlung eintrat. Zu dieser Untersuchung dienten Lösungen, welche das Acetat, Perchlorat, Chlorid, Silicofluorid und Nitrit des Bleis neben der entsprechenden Säure (außer im Falle des Nitrits) enthielten. Acetat und Perchlorat wurden mit demselben negativen Ergebnis auch bei 100° angewandt. Nun könnte allerdings in manchen dieser Lösungen, wie insbesondere in der des Nitrits und Acetats wegen geringer Ionenspaltung, in der des Chlorids wegen zu kleiner Gesamtkonzentration, die Umwandlung infolge zu geringer Bleiionenkonzentration vielleicht besonders träge verlaufen (bei Vorhandensein etwaiger katalytischer Beschleunigung durch Bleiion). Dieser Erklärungsversuch versagt aber im Falle des Perchlorats, da dieses nach weiter unten mitzuteilenden Versuchen bei gleicher Konzentration noch stärker ionisiert ist als das Nitrat. Diese Erfahrungen

führen also mit zwingender Notwendigkeit zu dem Schlusse, daß ein Gehalt an Nitrat¹⁾ für den Beginn der Umwandlung notwendig ist.

Daß die Gegenwart von Bleiion für den Beginn der Umwandlung unbedingt erforderlich ist, hat Heller vermutet. Meine Beobachtungen sprechen jedoch dagegen: auch bleifreie Nitratlösungen sind wirksam. So verfällt z. B. Blei auch in Lösungen von Kaliumnitrat, die mit Essigsäure versetzt sind, schließlich derselben Umwandlung. Es ist jedoch nicht zu verkennen, daß die Reaktion hier mit großer Verzögerung beginnt, ja in einzelnen Fällen erst nach Monaten erkennbar wird; setzt sie aber erst einmal deutlich ein, dann geht sie auch in normaler Weise zu Ende. Da sich nun im Verlaufe der Reaktion des Bleis mit der ursprünglich bleifreien Lösung in dieser Bleisalz in steigender Konzentration bildet (siehe weiter unten), würde die tatsächlich beobachtete augenscheinliche Beschleunigung der Umwandlung bei fortschreitendem Verlaufe zu der Annahme führen, daß Bleiion bzw. Bleisalz (oder zum mindesten das während der Umwandlung entstehende besondere Bleisalz) die Reaktion beschleunigt. Man könnte hier allerdings auch an eine Katalyse durch das Nitrit denken, das bei der Wechselwirkung zwischen Blei und Nitratlösungen entsteht, wie noch ausgeführt werden wird. Eine solche Katalyse scheint aber nicht vorzuliegen; denn ein Zusatz von Kaliumnitrit zu der bleifreien Ausgangslösung erwies sich als praktisch unwirksam.

Die Gegenwart von Nitrat ist aber nicht nur für den Beginn, sondern auch für den Fortgang der Umwandlung des Bleis notwendig. Spült man nämlich bereits teilweise umgewandeltes Blei ab, behandelt es zu weiterer Reinigung mit verdünnter Essigsäure oder Ueberchlorsäure und bringt es nach erneutem Waschen mit Wasser in eine angesäuerte Lösung von Bleiacetat oder Bleiperchlorat oder auch in Säurelösung allein, so ist selbst nach mehreren Monaten kein Fortschritt der Umwandlung erkennbar; der bereits erreichte Umwandlungszustand bleibt unverändert erhalten, d. h. noch blanke Stellen bleiben blank, rauhe, bereits zerfallene bleiben in diesem Zustande. Bringt man aber so behandelte Bleistücke wiederum in nitrathaltige Lösung, so schreitet die Umwandlung in der gewöhnlichen Weise weiter fort und geht zu Ende.

Aus allen diesen Beobachtungen geht zweifelsfrei hervor, daß Blei gerade mit Nitrat in Lösung zusammentreffen muß, wenn die Umwandlung des Metalls einsetzen und bis zum Ende fortschreiten

1) oder an einem andern gleichartig wirkenden Stoffe (s. weiter unten).

soll. Wir haben also in dem Zerfall des Bleis die Wirkung einer besonderen Reaktion zwischen Blei und Nitrat vor uns.

Nun ist schon seit längerer Zeit bekannt¹⁾, daß Blei mit Lösungen seines Nitrats unter Bildung von Bleinitrit reagiert. Die Reduktion des Nitrats zu Nitrit verrät sich schon äußerlich durch das Auftreten der für das Bleinitrit charakteristischen pomeranzengelben Farbe. Nebenher vollziehen sich augenscheinlich tiefergreifende Reaktionen, da sich auch Gase (Stickoxyd und selbst Stickstoff) entwickeln. Beides ist sowohl Heller als auch Cohen und Helder man entgangen, vermutlich deswegen, weil sie relativ viel Lösung anwandten, sodaß die Verfärbung nicht in die Augen fiel und die Gasentwicklung nicht bis zur Sättigung der ganzen Lösungsmenge gedieh. Daß sie die auch in die Handbuchliteratur übergegangene chemische Reaktion zwischen Blei und Bleinitrat gänzlich übersehen konnten und ihr Vorhandensein sogar ausdrücklich in Abrede stellen, ist freilich nicht recht verständlich. Die Gewichtsabnahme, welche das Metall infolge dieser Reaktion erfährt, ist schon bei mehrtägigem Verweilen in Hellerscher Lösung sehr deutlich: ich habe bis zum Beginn des Zerfalls Abnahmen bis zu etwa 0,6 g auf rund 0,9 g Blei festgestellt. Noch weit rascher verläuft die Reaktion zwischen Blei und Bleinitrat (Hellerscher Lösung) bei höherer Temperatur, bei 100° z. B. unter geradezu stürmischer Gasentwicklung und Zersetzung auch des Bleinitrits.

Damit erklärt sich der grundsätzliche Gegensatz zwischen dem Verhalten des Bleis gegen nitrathaltige und dem gegen nitratfreie Lösungen sehr einfach in dem Sinne, daß das Metall eben nur mit den ersteren chemisch reagiert. Das heißt also: die Umwandlung des Bleis in die bröckelige und schließlich pulverige Form beruht auf einem chemischen Angriff des Bleis durch gelöstes Nitrat.

Es war nun zu erwarten, daß in ähnlicher Weise auch andere Reagentien wirken würden, mit denen Blei nicht zu schnell, aber unter glatter Auflösung reagiert. Gerade beim Blei ist man aber in dieser Hinsicht recht beschränkt, weil Reaktionen, bei denen schwerlösliche Verbindungen entstehen, natürlich von vornherein ausscheiden. Dagegen erschien eine entsprechende Wirkung des elektrolytischen Angriffs auf eine Anode aus gegossenem Blei wahrscheinlich. Der Versuch, bei dem eine angesäuerte Bleiperchloratlösung zwischen Bleielektroden unter Zwischenschaltung eines sehr engen Elektrolytenquerschnittes elek-

1) J.-B. Senderens, Compt. rend. 104, 504 (1887).

trolysiert wurde (10 Volt, 0,01 Ampere, Versuchsdauer 4 Wochen, Zimmertemperatur), ergab Zerfressungserscheinungen an der Anode, die durchaus den Frühstadien der Bleiumwandlung in nitrat-haltiger Lösung ähnelten. Zu völligem Zerfall in Pulver kam es hierbei freilich nicht, vermutlich deshalb, weil hier die selbsttätige Verlegung der Strombahn nach den jeweils am meisten hervortretenden Stellen der Elektroden nivellierend in Wirkung tritt. Immerhin hatte sich auch hier eine ansehnliche Menge Bleipulver (der bekannte „Anodenschlamm“) gebildet. Auch im Falle des elektrolytischen Angriffs unterblieb weiterer Zerfall der Anode nach Beseitigung der Angriffsursache, d. h. nach dem Oeffnen des Stromes, obwohl die Anode in Berührung mit dem Elektrolyten drei Monate lang stehen blieb.

Unter der Einwirkung gelösten Nitrats erfährt das ursprünglich kompakte Blei eine Umwandlung in eine Art schwammiger Masse; diese besteht aus zahlreichen einzelnen Brocken, die durch Risse und Löcher von einander getrennt erscheinen, schließlich ganz den gegenseitigen Zusammenhalt verlieren und namentlich bei Erschütterungen als grobes Pulver zu Boden fallen. Die Betrachtung des in Umwandlung begriffenen Bleis mit bewaffnetem Auge läßt über diesen Sachverhalt keinen Zweifel. Darauf, daß die nitrit-haltige Lösung tief in diese Risse eindringt und sich darin auch bei fortgesetztem oberflächlichem Abspülen hartnäckig hält, ist die anfangs schwer verständliche Erscheinung zurückzuführen, daß das angegriffene Blei nach dem Abwaschen beim Einbringen in verdünnte Säure noch lange Zeit Gasentwicklung zeigte. Diese ist natürlich die Folge der Zerlegung des noch in den Spalten sitzenden Nitrits durch die allmählich eindringende Säure.

2. Die Natur des metallischen Umwandlungsproduktes.

Nach Heller und Cohen-Helderman soll das Pulver, in das sich das kompakte Blei unter der Einwirkung von Nitratlösungen verwandelt, aus einer besonderen allotropen Modifikation des Bleis bestehen. Eine bestimmte Gleichgewichtstemperatur für die beiden allotropen Formen wurde von Cohen und Helderman nicht ermittelt; die Ergebnisse ihrer darauf gerichteten Bemühungen sind noch nicht eindeutig. Dagegen fand Jäneck e einen Umwandlungspunkt bei etwa 60°. Daß die Umwandlungserscheinung beim Blei ein ganz anderes Bild darbietet als die Verwandlung des weißen Zinns in graues, darf nicht wunder nehmen; denn allotropes Blei ist nach Cohen und Helderman dichter als gewöhnliches Blei, graues Zinn aber weniger dicht als weißes

Zinn. Der Bleizerfall erfolgt danach also unter Zusammenziehung, der Zinnerfall unter Ausdehnung. Aus der äußerlichen Verschiedenheit der beiden Fälle ließe sich mithin kein Einwand gegen die Auffassung des Bleizerfalls im Sinne einer allotropen Umwandlung herleiten.

Dagegen führen anderweitige Beobachtungen zur Verwerfung der Allotropieauffassung, mit der ja auch die im Abschnitt 1 mitgeteilten Erfahrungen unvereinbar erscheinen:

Betrachtet man in den Anfangsstadien der Umwandlung begriffenes Blei unter mäßiger Vergrößerung, so erkennt man ganz deutlich, daß die mechanische Auflösung des kompakten Metalls nicht zu beliebig feiner Zerteilung führt, sondern nur zu **K ö r n e r n** (oder Blättern) von immerhin beträchtlicher Größe, zwischen denen die schon erwähnten, anfangs sehr feinen, im Verlaufe der Erscheinung sich merklich verbreiternden Risse klaffen. Die Körner selbst sehen anderseits durchaus kompakt und homogen aus. Untersucht man das zu Boden gefallene Pulver mikroskopisch, so findet man, daß es aus eben diesen Körnern in isoliertem Zustande besteht. Ihre Form ist polyedrisch mit mehr oder weniger deutlicher Abrundung der Begrenzungselemente; eine ausgesprochene Krystallform ist nicht zu erkennen. Das ganze Bild spricht entschieden gegen die Entstehung einer neuen allotropen Modifikation, die doch zumindest im Anfange in Form feinsten Krystallkeime auftreten müßte, macht es vielmehr überaus wahrscheinlich, daß die **K ö r n e r G e b i l d e** sind, die schon im kompakten Blei fertig vorlagen und nur durch den chemischen Prozeß zwischen dem Metall und der Nitratlösung **i s o l i e r t** worden sind. Das Verhalten des zerfallenen Bleis gegen frische Nitratlösung ist, soweit die qualitative Beobachtung das festzustellen gestattete, so, wie nach Vorstehendem zu erwarten: das Bleipulver wirkt ebenfalls, und zwar relativ rasch, reduzierend auf die Nitratlösung; die einzelnen Körner werden aber einheitlich angegriffen, erfahren also keinen weiteren Zerfall in feinere Strukturelemente.

Ein zweiter Einwand gegen die Allotropieauffassung des Bleizerfalls erwächst aus den Erfahrungen mit dem Einflusse der **T e m p e r a t u r** auf das **U m w a n d l u n g s p h ä n o m e n**. Oben war bereits davon die Rede, daß die Reduktion des Nitrats durch Blei bei höherer Temperatur wesentlich energischer verläuft, was ja nicht weiter verwunderlich ist. Hand in Hand damit geht aber auch bei 100° — also 40° über dem Umwandlungspunkte nach **J ä n e c k e** — eine starke Beschleunigung des Bleizerfalls, sodaß Bleistücke bei 100° in etwa ebensoviel Tagen in Pulver umgewandelt werden können, wie Monate bei Zimmertemperatur dazu erforderlich sind. Nur muß man hierbei die Lösung mehrfach er-

neuern und gleichzeitig das Metall durch Behandeln mit verdünnter Säure von den gebildeten basischen Salzen reinigen. Da unter diesen Umständen von einer Umwandlung des kompakten Bleis in die hier ja instabile allotrope Modifikation natürlich nicht die Rede sein kann, so ist allein schon durch das Verhalten des Bleis bei 100° bewiesen, daß der Zerfall des Metalls mit dem etwaigen Vorhandensein einer zweiten, allotropen Modifikation nichts zu tun hat. Dagegen ist auch bei 100° das Vorhandensein von Nitrat notwendige Vorbedingung des Bleizerfalls. Lösungen von Perchlorat und Acetat des Bleis erwiesen sich auch hier trotz mehrtägiger Versuchsdauer als völlig wirkungslos. Da nun andererseits bei positiver Reaktion einer Lösung mächtige Förderung der Umwandlung durch Temperaturerhöhung beobachtet worden ist, bestätigen die Versuche mit Perchlorat und Acetat bei 100° indirekt das negative Ergebnis mit diesen Bleisalzen bei Zimmertemperatur.

Endlich sprechen auch die elektromotorischen Beziehungen gegen das Vorhandensein von Allotropie beim zerfallenen Blei. Bestände dieses aus der vermuteten besonderen Modifikation, dann müßte es unterhalb der Umwandlungstemperatur edler, oberhalb davon unedler als kompaktes Blei und nur bei der Umwandlungstemperatur selbst im elektromotorischen Verhalten mit kompaktem Blei identisch sein. Im Falle des Zinns ist dieses Verhalten der beiden Modifikationen tatsächlich beobachtet worden. Beim Blei ließ sich nun aber nichts dergleichen feststellen. Bleipulver, durch Umwandlung von technischem Blei unter Hellerscher Lösung bei Zimmertemperatur gewonnen, wurde gegen dasselbe Blei in kompaktem Zustande unter molarer Bleiperchloratlösung gemessen. Bei Zimmertemperatur könnte überhaupt keine Potentialdifferenz zwischen beiden Metallelektroden auch bei tagelangem Stehen gemessen werden. Die etwaige elektromotorische Kraft dieses galvanischen Elementes müßte jedenfalls noch wesentlich geringer sein als 0,0001 Volt¹⁾. Ein so kleiner Wert würde aber mit der augenscheinlich doch bedeutenden Tendenz zur Umwandlung bei Zimmertemperatur (etwa 40° unter dem Umwandlungspunkte) in Widerspruch stehen, wie der Vergleich mit den Erfahrungen beim Zinn (bei 0°, also 20° unter dem Umwandlungspunkte, 0,0015 Volt) lehrt. Dabei sprach die in Rede stehende Bleikette auf einseitige Aenderungen der Bleisalzkonzentration, die zur Prüfung vorgenommen wurden, sofort in richtiger Weise an.

1) Auf Grund der gleichen Beobachtung haben früher E. Cohen und K. Inouye — Z. f. physik. Chem. 74, 202 (1910) — die Allotropie bei zwei verschieden aussehenden Formen des elektrolytisch abgeschiedenen Bleis abgelehnt (vgl. auch den Abschnitt 3).

Aus diesen Beobachtungen ist zu schließen, daß das Material des zerfallenen Bleis mit dem des kompakten im wesentlichen identisch ist, die Verschiedenheit beider also nur eine solche der äußeren Form, nicht aber energetischer Art ist, was mit dem Wesen der Allotropie unvereinbar erscheint.

3. Die Bleibaumfrage.

Bei der Elektrolyse von Bleisalzlösungen scheidet sich das Metall an der Kathode je nach den Versuchsbedingungen in derben, spießigen Krystallaggregaten oder in blattartigen Gebilden ab. Beide Wachstumsformen werden als „Bleibaum“ bezeichnet. An die Stelle der elektrolytischen Abscheidung kann auch die Ausfällung des Bleis durch ein unedleres Metall, wie Zink usw., treten.

Merkwürdigerweise bilden sich nun aber auch auf Blei selbst, das in geeignete Bleisalzlösungen gebracht wird, allmählich krystallinische Ausscheidungen von Blei, die äußerlich die charakteristischen Wachstumsformen des gewöhnlichen Bleibaums zeigen. Die erste Mitteilung über dieses unerwartete Phänomen rührt von J.-B. Senderens her¹⁾, der auch schon richtig erkannte, daß die Ausscheidung von Bleibaum durch Blei auf nitrathaltige Lösungen beschränkt ist. Ich kann diese Beobachtung vollkommen bestätigen. In keiner anderen Bleisalzlösung²⁾ habe ich auch nur Andeutungen von Bleibaumbildung beobachtet, und eine Probe Bleinitritlösung, in der Bleibaum entstand, erwies sich als deutlich nitrathaltig. Senderens stand der von ihm beobachteten Tatsache ratlos gegenüber. Er vermutete in ihr allerdings eine Folge galvanischer Vorgänge, die z. B. bei den von A. Ditté und R. Metzner beschriebenen³⁾ Metallabscheidungen eine so durchsichtige Rolle spielen (kurzgeschlossene Ionenkonzentrationsketten), fand aber keine Möglichkeit, etwas Entsprechendes im Falle des Bleis anzunehmen. Cohen und Helderman glauben nun die Lösung des Rätsels darin gefunden zu haben, daß gewöhnliches und allotropes Blei bei Zimmertemperatur nebeneinander unter derselben Bleisalzlösung nicht existenzfähig sind. Da gewöhnliches Blei bei Zimmertemperatur instabil sein soll, müßte es dann allerdings imstande sein, aus Bleisalzlösungen allotropes Blei, d. h. die stabile und mithin edlere Modifikation, auf sich niederschlagen. Das soll in der charakteristischen Form des Bleibaums geschehen. Die Erklärung des Bleibaum-

1) Bull. soc. chim. [3] 11, 424 (1894).

2) einschließlich nitratfreier Bleinitritlösung.

3) Comp. rend. 117, 691 (1893).

phänomens in diesem Sinne würde also verlangen, daß der auf Blei bei Zimmertemperatur gebildete Bleibaum aus allotropem Blei besteht. Unverständlich bleibt dann allerdings immer noch die auch von mir ausnahmslos bestätigt gefundene Tatsache, daß die Bleibaumbildung lediglich in nitrathaltigen Lösungen erfolgt. Es zeigt sich also auch hier dieselbe Ausnahmestellung des Bleinitrats unter den Bleisalzen, wie im Falle der Bleiumwandlung. Mithin schien die Sachlage noch keineswegs restlos geklärt, auch wenn man die Allotropie nach Heller und Cohen-Helderman anerkennen und zur Lösung der Bleibaumfrage heranziehen wollte.

Von wesentlicher Bedeutung für die Erkenntnis des wahren Sachverhaltes war nun die krystallographische Prüfung der verschiedenen Abscheidungsarten des Bleis. Herrn Kollegen O. Weigel, der liebenswürdigerweise diese Prüfung vornahm und damit der weiteren Untersuchung sichere Bahnen eröffnete, danke ich auch an dieser Stelle herzlich für seine freundliche Hilfe. Das Ergebnis war recht überraschend wegen seiner Einfachheit: sämtliche Abscheidungsarten des Bleis, als elektrolytischer Bleibaum in Spieß- und Blattform und ebenso auch als vermeintlich allotroper Bleibaum auf Blei (wiederum spießig oder blattartig) erscheinen krystallographisch identisch und bestehen aus regulären Bleikristallen, die eine Kombination von Oktaeder und Würfel zeigen, genau wie das aus dem Schmelzflusse krystallisierende Blei. Damit fällt aber die Allotropieerklärung der Bleibaumbildung vollkommen in sich zusammen.

Dafür entstand nun die Frage, wie es denkbar ist, daß gewöhnliches Blei sich selbst aus der Lösung eines seiner Salze ausscheidet, d. h. also dieselbe Frage, um deren Beantwortung sich schon Sendereus, jedoch vergeblich, bemüht hat. Hier bieten sich zwei Möglichkeiten der Erklärung. Entweder ist das Blei nicht elektrochemisch homogen, d. h. enthält Stellen, die unedler sind als ihre Nachbarschaft, oder in der Lösung bestehen Unterschiede der Bleiionenkonzentration. Die erstgenannte Möglichkeit, die an sich bei dem eisenhaltigen Blei nicht ganz von der Hand zu weisen wäre, wird hier durch die Feststellung ausgeschlossen, daß sich die Bleibaumbildung auf nitrathaltige Lösungen beschränkt. Somit bleibt nur die zweite Möglichkeit übrig.

Das Bild erschien nun noch weiter verwirrt durch die Verschiedenartigkeit der Bleibaumbildung je nach der Art der nitrathaltigen Lösung. In Hellerscher Lösung (viel Bleiacetat neben wenig Nitrat und Essigsäure) kam es nur in Ausnahmefällen (2 Fälle von rund 50) zur Entstehung eines Bleibaums. Er hatte hier

ausgesprochene Blattform und saß nur am oberen Ende des Bleistückes. Lösungen von Bleinitrat ohne Acetat, die mit Salpetersäure oder Essigsäure angesäuert waren, lieferten regelmäßig Bleibäume, die aber anscheinend wahllos an verschiedenen Stellen des Metalls in größerer Zahl auftraten, zunächst knollige oder spießige Ausbildung zeigten und erst im weiteren Verlaufe der Entwicklung mehr blattförmig wurden. Besonders schön waren die Bleibäume, die in der schon erwähnten nitrathaltigen, säurefreien Bleinitritlösung wuchsen.

Jedenfalls konnte kein Zweifel darüber bestehen, daß die zur Bleiabscheidung erforderlichen Unterschiede der Bleiionenkonzentration nur durch die nachgewiesene chemische Reaktion des Bleis mit dem gelösten Nitrat hervorgerufen werden konnten. Nun spielt sich diese Reaktion z. B. in der Hellerschen Lösung im wesentlichen wohl nach der Gleichung ab:



d. h. anstelle des Bleinitrats ist schließlich die dreifache Zahl von Molen eines Gemisches von Bleinitrit und Bleiacetat neben dem von Anfang an vorhandenen und unverändert gebliebenen Bleiacetat in der Lösung. Daß die Bleisalzkonzentration im Verlaufe der Reduktion des Bleinitrats beträchtlich zunimmt, lehrt unzweideutig die Beobachtung, daß die durch Bleinitrit gelb gefärbte Lösung sich als schwerere Schicht am Boden sammelt (die Versuche wurden meist in Reagensgläsern angestellt) und bei leichtem Schütteln starke Schlierenbildung mit der darüber liegenden noch unveränderten Lösung erkennen läßt. Umso weniger verständlich mußte es erscheinen, daß der Bleibaum sich gerade am oberen Ende des Metalls, also unter der verdünnteren Lösung, bildete. Der darin liegende Widerspruch ist aber nur scheinbar. Es kommt nämlich, wie bekannt, nicht auf die Salzkonzentration, sondern auf die Bleiionenkonzentration an. Diese ist aber in der unverbrauchten Hellerschen Lösung beträchtlich höher als in der durch die Reaktion mit dem Blei an Bleisalz konzentrierter gewordenen verbrauchten Lösung. Der Grund dafür liegt darin, daß Bleinitrat unter den gegebenen Konzentrationsverhältnissen augenscheinlich sehr viel stärker ionisiert ist als Bleiacetat und Bleinitrit. Messungen an Konzentrationsketten nach dem Schema Blei / Bleisalzlösung A / Kaliumnitratlösung gesättigt / Bleisalzlösung B / Blei lieferten den einwandfreien Beweis dafür. Die Ergebnisse sind in folgender kleinen Tabelle zusammengestellt. Setzt man das Potential des Bleis gegen molare Bleiperchloratlösung gleich Null, so sind die Potentiale von Blei gegen verschiedene Bleisalzlösungen:

Lösung	Potential (Volt)
Bleinitrat molar	+ 0,026
Bleiacetat molar	+ 0,063
Hellersche Lösung frisch	+ 0,051
Hellersche Lösung verbraucht (aus Bleiacetat und Bleinitrit zusammengemischt)	+ 0,061

Wie man sieht, ist Blei in allen diesen Lösungen gegen Blei in der Perchloratlösung negativer Pol¹⁾, d. h. die anderen Lösungen sind bleiionenärmer als die Perchloratlösung, am ärmsten die Acetatlösung. Zwischen der Elektrode mit frischer und der mit verbrauchter Hellerscher Lösung besteht nun eine Potentialdifferenz von 10 Millivolt in dem Sinne, daß bei geschlossener Kette sich Blei in der (bleiionenärmeren) verbrauchten Lösung auflöst und aus der (bleiionenreicheren) unverbrauchten Lösung abscheidet, d. h. wir haben hier genau das Verhalten, das zur Erklärung der Bleibaumbildung am oberen Ende des Metalls erforderlich ist. Ein Zusatz des relativ stark gespaltenen Bleinitrats zur Bleiacetatlösung macht diese bleiionenreicher; sein Verbrauch durch die Reaktion mit dem Blei führt wieder zu relativer Ionenarmut wie in reiner Bleiacetatlösung, weil das Bleinitrit anscheinend ein sehr schwacher Elektrolyt ist²⁾.

Die Zahlenwerte der Tabelle geben zugleich auch Aufschluß darüber, warum zur Bleibaumbildung in Hellerscher Lösung anscheinend nur geringe, in acetatfreier Nitratlösung aber eine sehr ausgesprochene Neigung besteht: im ersteren Falle ist die treibende Ursache eine elektromotorische Kraft von höchstens 10 Millivolt, im letzteren aber von bis zu 40 Millivolt.

Was endlich die Frage angeht, warum sich in acetatfreien Nitratlösungen der Bleibaum über die ganze Oberfläche des Bleis wahllos verstreut bildet, so drängt sich die Vermutung auf, daß als Ursache für die Entstehung kurzgeschlossener Ionenkonzentrationsketten hier nicht nur Konzentrationsdifferenzen längs der Oberfläche des Bleis in Frage kommen, sondern auch (und vielleicht vornehmlich) diejenigen Konzentrationsdifferenzen, die sich zwischen der erst wenig veränderten Lösung in der äußeren Umgebung des Bleis und der in die entstandenen Risse eingedrungenen, dort stagnierenden und daher natürlich bald weitgehend verbrauchten Nitratlösung ausbilden. Als Bestätigung dieser Auffassung kann die Beobachtung dienen, daß sich Ansätze zur wahl-

1) Das ist der Sinn des positiven Potentialvorzeichens.

2) Genauere Untersuchungen an reinen Bleinitritlösungen, die bisher kaum bearbeitet worden sein dürften, sind beabsichtigt.

losen Bleibaumbildung auch dann zeigen, wenn die Nitratlösung durch einen Luftstrom dauernd energisch gerührt wird, Konzentrationsdifferenzen längs der Bleioberfläche mithin ausgeschlossen sind. Doch erfolgte unter diesen Bedingungen der Zerfall der Bleioberfläche so schnell, daß die Bleibaumansätze rasch wieder der Zerstörung anheimfielen.

Erwähnt sei noch, daß sich der Bleibaum auf Blei auch künstlich züchten läßt, wenn man eine Bleistange mit der unteren Hälfte in bleiionenärmere, mit der oberen in bleiionenreichere Lösung bringt und beide Lösungen durch einen um den Bleistab gewickelten Wattebausch trennt. Nimmt man unten die (schwerere) verbrauchte, oben die (leichtere) frische Hellersche Lösung, so bilden sich nach einiger Zeit am oberen Ende der Stange Bleibaumansätze. Auffälliger und weit rascher verläuft die Bleibaumbildung, wenn man äquimolare Lösungen von Bleinitrit (unten) und von Bleinitrat (oben) verwendet.

Die Bleibaumfrage darf also nunmehr als in dem Sinne gelöst gelten, daß sich Blei auf Blei in Form eines Bleibaums nur dann niederschlägt, wenn lokale Ionenkonzentrationsketten entstehen. Dazu ist aber, wenn die Lösung ursprünglich homogen war und auf konstanter Temperatur gehalten wird, nur in Gegenwart von Nitrat Gelegenheit, und darum beschränkt sich dieses Phänomen ausschließlich auf solche Lösungen.

C. Die Disglomeration.

Wie oben bereits ausgeführt, verwandelt sich das ursprünglich kompakte Blei unter der chemischen Einwirkung von nitrathaltigen Lösungen in eine von zahllosen Rissen und Löchern durchsetzte, schwammartig aussehende Masse und zerfällt schließlich in ein grobes Pulver. Die Allotropieauffassung dieser Veränderung sieht in der Entstehung der Risse usw. einen sekundären Vorgang als Folge der unter Volumverminderung verlaufenden allotropen Umwandlung des Metalls. Im Gegensatz dazu führen meine Beobachtungen zu der Folgerung, daß die Risse usw. primär gebildet werden, indem sich die Lösung auf dem Wege des chemischen Angriffs in das kompakte Blei einfrißt.

Regulinische, d. h. aus dem Schmelzflusse erstarrte Metalle bestehen bekanntlich aus zahlreichen krystallinischen Körnern (Krystalliten), zu denen die bei der Unterschreitung des Schmelzpunktes allenthalben in der Schmelze spontan auftretenden Krystallkeime heranwachsen. Sie sind im Innern des Metalls nicht durch natürliche Krystallflächen begrenzt, sondern durch diejenigen zufälligen Begrenzungselemente, die sich aus dem Zusammentreffen

der einzelnen Krystalle bei ihrem Wachstum ergeben. An der Grenze der Krystalliten häufen sich die niemals fehlenden Verunreinigungen, soweit sie nicht unter Mischkrystallbildung in die Krystalliten selbst übergehen, an und erstarrten dort zusammen mit dem Rest des Grundmetalls zu einem sehr feinförmigen Krystallgemisch, dem Eutektikum. Dieses wird, wenn die Verunreinigungen reaktionsfähiger sind als das Grundmetall, durch chemische Agentien schneller angegriffen als die grobkörnige, homogene Substanz der Krystalliten. So wird sich denn auch im Falle des Bleis der chemische Angriff durch die nitrathaltigen Lösungen in erster Linie längs dem Eutektikum vollziehen, die Krystalliten somit auch von ihren inneren Grenzen her treffen und aus ihrem gegenseitigen Zusammenhange (eben durch das Eutektikum) lösen. So entstehen die Risse und Löcher, und so kommt die schließliche Isolierung der in sich homogenen Körner (eben der Krystalliten) zustande, in die das Blei zum Schlusse zerfällt. Der chemische Angriff beraubt das Konglomerat von Krystalliten, aus dem jedes regulinische Metall besteht, seines Bindemittels oder Kitts und bewirkt auf diese Weise den Zerfall des Konglomerats in seine präformierten Bausteine. Ich schlage für diesen eigenartigen, bisher nur in gewissen Fällen anodischer Metallauflösung als Nebenerscheinung beachteten¹⁾ Vorgang die Bezeichnung *Disglomeration* (Entkittung) vor.

Die soeben entwickelte Auffassung vom Wesen der Zerstörung des Gefüges regulinischer Metalle läßt sich auf verschiedenen Wegen auf ihre Richtigkeit prüfen. Einmal muß danach die Disglomeration ausbleiben, wenn einheitliche Krystalle einem zweckentsprechenden, d. h. nicht allzusehr schnellen chemischen Angriffe unterworfen werden. Diese Folgerung habe ich beim Blei vollkommen bestätigt gefunden. Behandelt man nämlich elektrolytischen Bleibaum, also ein loses Aggregat von Einzelkrystallen des Bleis, mit nitrathaltigen Lösungen, so zerfällt der Bleibaum allerdings ebenfalls, aber nur bis in die Einzelkrystalle, die ihrerseits wohl in Gestalt von Aetzgruben alle Anzeichen des erlittenen chemischen Angriffs, aber keine Spur von Disglomeration aufweisen. Bei der Einwirkung in der Hitze zeigt sich vollkommen das gleiche Bild wie in der Kälte.

Hieraus ergibt sich sogleich eine Möglichkeit, regulinisches, also disglomerierbares Metall vor der Disglomeration zu schützen. Das geschieht einfach durch Erzeugung eines möglichst feinkörnigen Ueberzuges aus dem gleichen, aber elektrolytisch niedergeschlagenen Metall. So läßt sich Blei durch Ueberziehen mit fein-

1) F. Foerster, Elektrochemie wässriger Lösungen (2. Aufl.) S. 340 u. f.

körnigem elektrolytischem Blei (am besten nach dem Verfahren von *Betts*¹⁾ schützen. Diese Schutzwirkung tritt besonders auffällig in Erscheinung, wenn man ein Stück Blei, das nur zum Teil mit dem Schutzüberzug umkleidet ist, mit einer nitrathaltigen Lösung behandelt: der freie Teil verfällt der Disglomeration, während der geschützte Teil davon verschont bleibt.

Der zweite Weg zur Prüfung unserer Auffassung geht aus von der Ueberlegung, daß die Disglomeration eine sehr verbreitete Erscheinung sein, d. h. bei allen regulinischen Metallen auftreten muß, bei denen das Eutektikum vorwiegend leichter angreifbare Beimischungen des Grundmetalls enthält. Ich habe in dieser Richtung nur orientierende Versuche angestellt und dabei insbesondere gefunden, daß regulinisches Kupfer bei geeigneter Behandlung (mit ammoniakalischer Persulfatlösung) grundsätzlich dieselben Disglomerationserscheinungen zeigt, wie das Blei, wenn auch mit gewissen individuellen Besonderheiten. Nun existieren allerdings auch beim Kupfer verschiedene Modifikationen, sodaß man auch hier an die Wirkung oder zum mindesten Mitwirkung allotroper Umwandlungen denken könnte. Ein Fall, in dem diese Komplikation ausgeschlossen ist, müßte erst noch gefunden werden. Die technischen Schwierigkeiten liegen vornehmlich in der Auffindung eines geeigneten Angriffsmittels, das weder zu langsam noch zu rasch wirken darf. Bei Blei und Bleinitrat liegen augenscheinlich gerade besonders günstige Umstände vor. Die Untersuchung der Disglomerationserscheinungen mit Hilfe anderer Metalle und geeigneter Metalllegierungen ist in Aussicht genommen. Auch für nichtmetallische krystalline Massen, die aus dem Schmelzflusse erstarrt sind, muß man ein analoges Verhalten gegen lösende Agentien (im weitesten Sinne gefaßt) erwarten; auch auf solche Objekte soll die künftige Untersuchung ausgedehnt werden.

Endlich möge noch ein aus der praktischen Erfahrung hergeleiteter Einwand gegen die Allotropieauffassung der Blei-umwandlung an dieser Stelle angefügt werden. Blei steht ja in den allergrößten Mengen und durch lange Zeiträume in Gestalt von Akkumulatorenplatten mit Lösungen in Berührung, unter denen eine allotrope Umwandlung, wenn sie überhaupt vorkommt, schließlich doch wenigstens einmal hätte beobachtet werden müssen. Es ist aber nichts Derartiges bekannt geworden.

Offen bleibt nunmehr freilich die Frage, welche Bedeutung die (allerdings nicht völlig widerspruchsfreien) Ergebnisse der pyknometrischen und dilatometrischen Messungen von *Cohen* und

1) Aus saurer Silicofluoridlösung, die etwas Gelatine enthält; vergl. *M. Schlötter*, *Galvanostegie*, I. Teil, S 200 (Halle, Knapp, 1910).

Helderman besitzen. Von mehreren allotropen Formen, wie sie die genannte Forscher vermuten, findet sich in den Ergebnissen der Messungen von Jänecke keine Andeutung.

Eins geht aus meinen Versuchen jedenfalls als gesicherte Erkenntnis hervor: mit etwaiger Allotropie hat die von Heller aufgefundene Umwandlung des kompakten Bleis nichts zu tun.

D. Zusammenfassung der Hauptergebnisse.

1. Bei der Umwandlung des Bleis nach Heller spielt die Allotropie des Bleis nach Cohen-Helderman und Jänecke keine Rolle (wenn sie auch an sich existieren mag).
2. Der Bleizerfall nach Heller beruht auf Disglomeration, einer in weitem Umfange zu erwartenden Erscheinung, die vielfach auch der Bildung des Anodenschlammes zugrunde liegt.
3. Von Disglomeration werden nur regulinische Metalle betroffen.
4. Die Bleibaumfrage ist nunmehr gelöst und zwar im Sinne der Lokalelementtheorie; es handelt sich dabei aber nicht um Umwandlungselemente vom Zinntypus, sondern um kurzgeschlossene Ionenkonzentrationsketten.

Manuskript eingegangen am 31. 3. 1920.

Ueber Virenzperioden (Blüteperioden).

Von R. Wedekind.

Vorbemerkungen.

Die Fauna eines größeren Gesteinskomplexes besteht aus recht verschiedenartigen Organismen. Sie besteht aus schnell, langsam umwandelnden und scheinbar stabilen Elementen. Auf Grund der ersten Art von Elementen war es mir und meinen Schülern möglich, auch kleinere Gesteinskomplexe der devonischen und karbonischen Formation zu charakterisieren. Indem nun von den lokalen Verhältnissen abgesehen wurde, die ja nur Lager und Lagerfolgen lieferten, wurden die Zeitepochen, die durch die absolute Lebensdauer einer Art bestimmt waren, als Zeiteinheit aufgefaßt und als Zone bezeichnet.

Bei der weiteren Betrachtung dieses Gegenstandes mußte zweierlei auffallen: 1. Die schnelle Veränderung der wegen dieser Eigenschaft zur Zeitmessung benutzten Organismen im Gegensatz zu den übrigen Faunenelementen. 2. Die große Häufigkeit und weite Verbreitung dieser sich schnell umwandelnden Organismen. Dazu kam noch ein anderes Moment. Größere geologische Zeitabschnitte sind von alters her als einheitliche Epochen ausgeschieden, ohne daß man sich über die Gründe, die dazu führten, klar geworden wäre.

Hier mußten neuerdings weitgespannte Spezialuntersuchungen einsetzen, und es mußte versucht werden, die zuerst gefundenen Resultate in einen größeren Rahmen einzufügen.

Die Veränderlichkeit der Organismen.

Bei meinen früheren Untersuchungen bin ich von den beiden folgenden feststehenden Tatsachen ausgegangen, von denen ich hier besonders die erstere unterstreiche:

1. Die Organismen wandeln sich um. Die Fähigkeit, sich zu verändern, ist eine besondere Eigenschaft des Lebenden überhaupt.
2. Die Organismen sind angepasst, d. h. der Bau und die Funktion der Organismen steht in Uebereinstimmung mit dem Milieu.

Allem Anschein nach bietet das palaeontologische Material noch eine andere auffallende Tatsache. Verfolgt man nämlich einen grösseren Tierstamm über längere Zeitepochen hinweg, so zeigt sich, dass eine zunächst schwach vertretene und formenarme Tiergruppe von einem bestimmten Zeitpunkte an zu einer formenreichen und weitverbreiteten Tiergruppe wird, dann aber wieder vollkommen zu-

rücktritt oder ganz verschwindet. So treten unter den Foraminiferen im Karbon die Fusulinidae und im Alttertiär die Nummuliten dominierend hervor. Mögen die Nummuliten ausgestorben sein oder nicht, so steht doch soviel fest, dass die Descendenten der Nummuliten, ihr heutiges Vorhandensein angenommen, vollständig zurücktreten, dass die Nummuliten also eine Blüteperiode erlebt haben. Ebenso verhalten sich die Fusulinen. Ein weiteres Beispiel: Die devonische Gattung *Productella* entfaltet sich im Karbon zur Familie der *Productidae*, die durch grosse Verbreitung, Häufigkeit und eine erstaunliche Formenfülle auffällt. Die *Productidae* verschwinden mit dem Ende der permischen Formation.

Auf Grund dieser und anderer weiterhin zu erwähnender Beispiele muss notwendigerweise der Begriff der Veränderlichkeit dahin modifiziert werden, dass die Organismen nicht nur veränderlich sind, sondern daß eine hohe Veränderlichkeit selbst eine periodische Erscheinung ist. Allem Anscheine nach wurden von uns zur Gliederung der devonischen und karbonischen Formation gerade diejenigen Organismen gewählt, die eine derartige Periode durchliefen.

Die Tatsache, dass verschiedene Abteilungen des Tierreichs nach einer Blüteperiode verschwinden, ist bereits wiederholt und von verschiedener Seite (z. B. besonders von Neumayr) betont. Man hat die formenarmen Perioden auf die Lückenhaftigkeit des fossilen Materials zurückzuführen gesucht, man hat die formenreichen Perioden durch Einwanderungen (z. B. Invasionstheorie Cuviers), das Zurücktreten grösserer Tiergruppen durch Abwanderungen in die Tiefsee oder durch Aussterben zu erklären versucht, die Tatsachen selbst aber nicht leugnen können.¹⁾

Meist hat man nur das Verschwinden oder Aussterben grösserer Tiergruppen als Problem behandelt. Aber nicht allein um das Verschwinden oder Aussterben handelt es sich, auch der Beginn blühender Tiergruppen ist von der gleichen Bedeutung.

Die Virenztheorie.

Die Anschauungen, die ich hinsichtlich unseres Problemes aus einem eingehenden Studium der devonischen Korallen, Brachio-

1) Ich erwähne z. B. auch W. K. Brooks (The foundations of Zoology, 1899). Er spricht von Zeitabschnitten grösserer Variabilität. — Außerdem verweise ich auf den anregenden Artikel „Paläontologie“ von Pompeckj im Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Band VII, Seite 475, wo Pompeckj u. a. zum Beispiel sagt: „Aufblühen und Niedergang folgen einander.“ „Mit geringen Änderungen geht die Ammonitengattung † *Lytoceras* durch den Jura in die Kreide, hier spalten von ihr plötzlich eine ganze Anzahl verschiedener Nebenformen ab.“ — Nicht ohne Interesse sind auch Charles Depérets Ausführungen in dem Buch: „Die Umbildung der Tierwelt“. Vergleiche besonders Seite 148 ff. (Abschnitt Diskontinuierliche Reihen) und Seite 150 ff.

poden und der Ammonoidea gewonnen habe, fasse ich hier zum ersten Male zu einer Virenztheorie zusammen. Diese sucht lediglich die Art und Weise, den Gang der Veränderung der Organismen zu erfassen, indem sie feststellt,

daß eine genetisch einheitliche Tiergruppe, welche während kürzerer oder längerer Zeitspannen nicht die Kraft oder Fähigkeit besaß, neue und stärker abweichende Formen hervorzubringen, zu einer bestimmten Zeit diese Fähigkeit und Kraft erlangt (virent wird). Die Organismen treten aus einer Periode der Invirenz in die der Virenz. Demnach ist die Entwicklung keine kontinuierliche, sondern eine periodische oder diskontinuierliche. Die Virenzperiode ist ebenso wie die der Invirenz von beschränkter Dauer.

Der Uebergang der invirenten Periode — untersucht an Orthidae und Strophomenidae — findet in der Weise statt, daß die Variationsbreiten der bislang invirenten Formen größer werden und die sich herausbildenden Varietäten in divergenter Richtung gleichsam büschelförmig auseinanderstrahlen. Damit wird gleichzeitig die erste Phase der Virenzperiode eingeleitet, die ich als *Phase der labilen Entfaltung* bezeichnen will. Die sich während dieser Phase herausbildenden Formenreihen und Gruppen sind durch zahlreiche Uebergänge miteinander verknüpft. Indem weiterhin die Bindeglieder ausfallen, bilden sich scharf getrennte Reihen heraus. Damit tritt die Entwicklung in die zweite Phase der Virenzperiode, die *Phase der stabilen Weiterentwicklung*.

Die verschiedenen Stämme, die sich so herausbilden, sind in ihrem Verhalten recht verschieden voneinander, indem die einen persistieren — bei geringer Umwandlung — die anderen früher oder später enden, also *Terminalstämme* darstellen. Innerhalb der Terminalstämme unterscheiden wir mit Bezug auf den persistierenden Hauptstamm zunächst praemature¹⁾ und stationäre Terminalstämme, das sind Terminalstämme, die gleichsam voreilig Merkmale herausbilden, welche im Hauptstamm erst viel später hervortreten, oder Terminalstämme, die auf dem Stadium der Vorfahren in allen oder einzelnen Charakteren stehen bleiben. Dazu kommen exzessive Terminalstämme, die sich in einer Eigenschaft übermäßig entwickeln, und regressive Stämme, die durch Rückbildung ausgezeichnet sind.

1) Prämatüre Terminalstämme (resp. Progression) setze ich nunmehr an Stelle von „pseudospontane Progression“. H. Salfelds Ausführungen (Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, 1919) sind etwas schief, da ich unter diesem Begriff eine vorzeitige, erbliche Progression verstehe, wie meine Beispiele deutlich zeigen können.

Mit dem Ende der Terminalstämme ist die virente Periode abgeschlossen. Invirent gewordene Hauptstämme bleiben als spärliche Reste einer einst blühenden reichen Entfaltung übrig. Sie können früher oder später in eine weitere neue Virenzperiode eintreten.

Terminalstämme. Gegenüberstellung von zwei verschiedenen Anschauungen.

Ein geradezu klassisches Beispiel eines Terminalstammes bildet das unterdevonische Spheriferen Genus *Paraspirifer*¹⁾ (manusc.). Mit Beginn der Oberkoblenzzeit tritt *Paraspirifer* zum ersten Male hervor, wird dann häufiger und erreicht am Ausgange des Unterdevon ein Maximum der Häufigkeit, um dann scheinbar unvermittelt zu enden. Je mehr sich der für diesen Terminalzweig typische Charakter (Form und Höhe von Sinus-Wulst) herausgebildet, um so häufiger wird die Gattung.

Die Trilobitengattung *Trinucleus* stellt einen exzessiven Terminalstamm dar, dessen dem Genus *Paraspirifer* ganz gleiche Erscheinungsweise Oehlert ausführlich beschrieben hat. *Trinucleus* ist zunächst selten und erreicht an der Oberkante des Untersilur ein Maximum der Häufigkeit. Der Geologe hat zuerst nur das massenhafte Vorkommen derartiger Genera beachtet und so von „*Cultrijugatusschichten*“ und „*Trinucleusschichten*“ gesprochen. Die weiter fortschreitende Untersuchung zeigte dann, daß sich *Trinucleus* und *Paraspirifer* auch früher, aber seltener finden. Beispiele dieser Art der Entwicklung lassen sich heute bereits in großer Zahl anführen.

Die außerordentliche Häufigkeit der Endglieder von Terminalstämmen führe ich darauf zurück, daß diese einseitig und übermäßig spezialisierten Organismen auf ein bestimmtes Milieu eingestellt sind. Ist dieses Milieu zufällig vorhanden, so stellt es einen „Nährboden“ dar, auf dem sie üppig gedeihen. Auch schon geringe Milieuverschiebungen oder Veränderungen müssen vernichtend auf die Organismen wirken, während andere Formen, die nicht so ausschliesslich auf ein bestimmtes Milieu eingestellt sind, eine derartige Milieuveränderung ohne Schaden überstehen. Sie sind eben noch plastisch. Mir scheinen aber auch innere Ursachen für das Aussterben von grösster Bedeutung zu sein. Doch soll dieses *difficile* Problem nicht aufgerollt werden.

Im Obersilur und im Mitteldevon treten neben Korallen mit vollständigen Septen (*Cyathophyllum*) häufig Korallen auf, deren Septen nur in einer Randzone (*Actinocystis* resp. *Mesophyllum*) oder vollkommen zurückgebildet sind (*Cystiphyllum*). Aus dem

1) = Gruppe des *Spirifer cultrijugatus*.

Unterdevon sind bisher Korallen dieses Baues nicht bekannt geworden. Entweder ist die Sachlage nun so, dass Mesophyllum und Cystiphyllum sich im Obersilur von Cyathophyllum abspalten und dann in die mitteldevonischen Korallen gleichen Baues übergehen — das Fehlen dieser Korallen im Unterdevon wäre dann lückenhafte Ueberlieferung —, oder aber so, dass aus silurischen Cyathophyllen ein mit Cystiphyllum noch im Silur endender Terminalzweig und im Mitteldevon, also nach einer invirenten Periode, aus devonischen Cyathophyllen in einer neuen Virenzperiode neuerdings mesophyllum- und cystiphyllumartige Formen hervorgingen.

Auf Grund einer eingehenden Studie habe ich dieses Problem zu lösen gesucht. Ich konnte zeigen, dass sich die devonischen Mesophyllen und Cystiphyllen unmittelbar und lückenlos an die devonischen Cyathophyllen resp. Ceratophyllen anschliessen, nicht aber an die silurischen Typen gleichen Baues.

In der gleichen Weise geht im Unterkarbon aus Zaphrentis Caninia und aus den Clisiophyllen Lonsdalia hervor. Die Rückbildung der Septen ist also ein sich mehrfach wiederholender Vorgang.

Der Grad der Virenz.

Die Virenzperiode kann von verschiedener Dauer sein. Bei hoher Virenz dauert sie nur Bruchteile einer Formation (Manticoceratidae, Cheiloceratidae etc.), bei mittlerer Virenz dauert sie ein oder zwei Formationen und bei geringer mehrere Formationen oder auch Formationsgruppen. Der Grad der Virenz ist gleichzeitig ein Mass der Umwandlungsgeschwindigkeit.

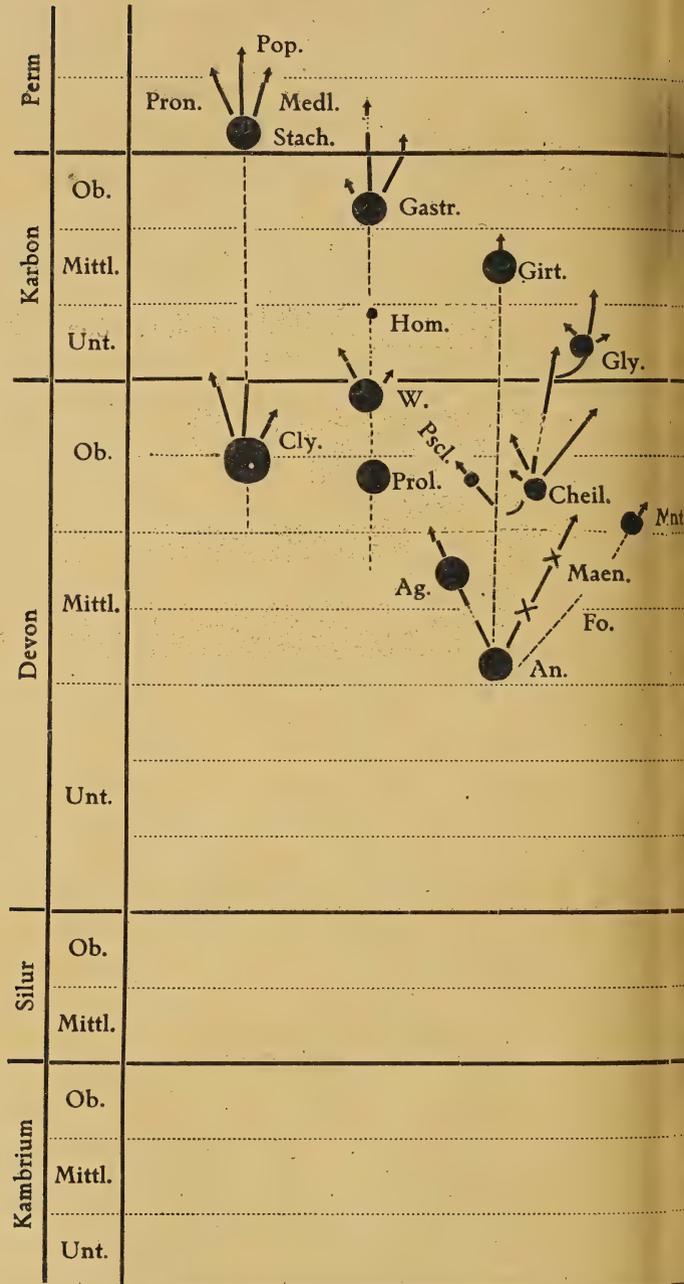
Auf Tabelle 1 habe ich auf Grund eigener Studien eine Reihe von Virenzperioden zusammengestellt, die einen sehr verschiedenen Grad der Virenz zeigen. Die Ammonoidea besitzen einen hohen Grad der Virenz, die Strophomenidae einen mittleren und die Orthidae einen geringen Grad der Virenz. Instrukтив ist zunächst das Beispiel der Orthidae, deren Stamm sich in verschiedenen Eigenschaften ändert: 1. in der Gehäuseform, 2. in den inneren Stützapparaten, 3. in der Schalenskulptur, 4. in der Schalenstruktur. In dem Verhalten dieser Eigenschaften besteht nun insofern ein Unterschied als in den beiden ersten Punkten eine divergente, in den beiden anderen eine konvergente Entwicklung zum Ausdruck kommt, so dass z. B. der Charakter der Schalenperforierung früher oder später ein Allgemeingut wird, eine bestimmte Gehäuseform oder ein bestimmter innerer Bau dagegen auf bestimmte Gruppen beschränkt bleibt.

Mit Beginn des Untersilur beginnen die Orthidae hervorzutreten. Die ältesten echten Orthidae sind als primitive zu bezeich-

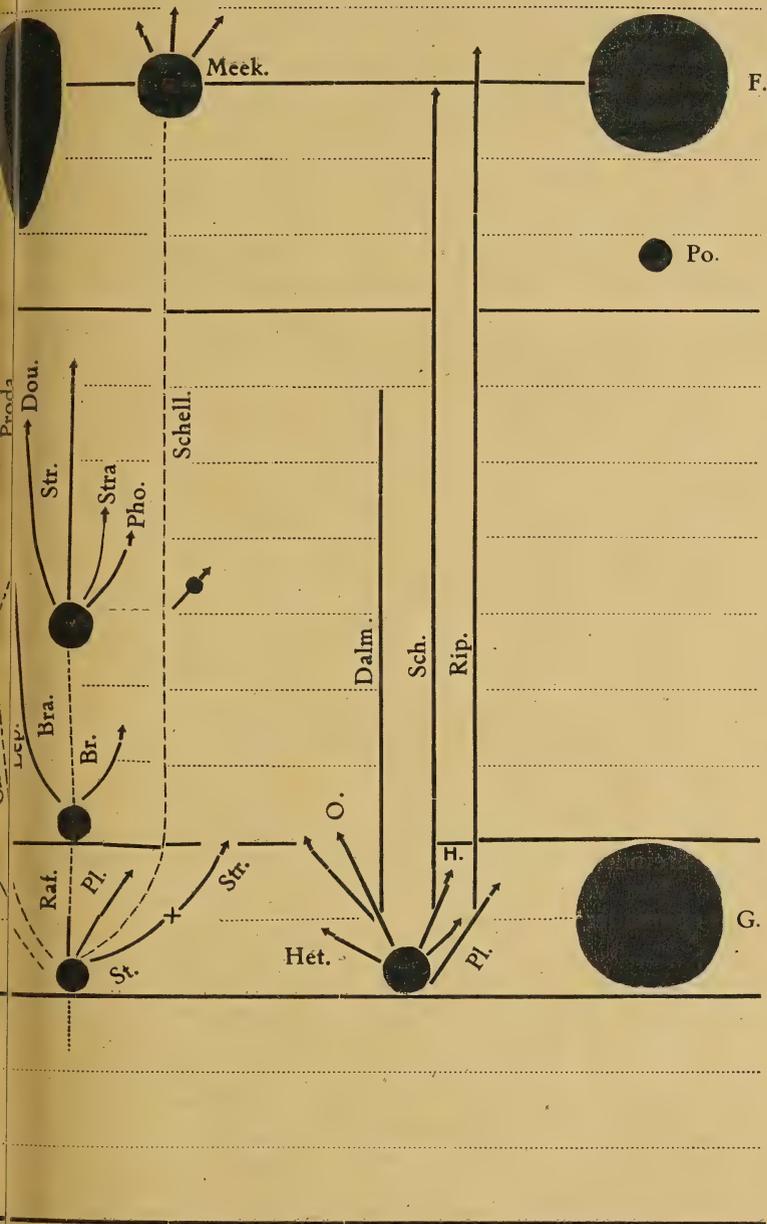
nen nicht nur mit Bezug auf ihre Organisation, z. B. im Bau der Stützapparate, sondern auch deshalb, weil ihnen eine Stabilität der Gehäuseform fehlt. Im Mittelpunkte der älteren Orthidae steht *Orthis* selbst, das ein Prospodylium und eine nicht perforierte Schale besitzt. Das Gehäuse ist dabei entweder plankonvex (Subgen. *Orthis* s. str.), bikonvex (Subgen. *Plectorthis*) oder invers (Subgen. *Orthostrophia*). Indem nun in den beiden Hauptcharakteren (Schalenstruktur und Bau der inneren Stützapparate) bestimmte Gruppen sich nicht ändern, also stationär bleiben, andere Gruppen in einem von diesen beiden oder in beiden Charakteren ändern, kommt es zu einer größeren Entfaltung der Orthidae. So dauern bestimmte Gruppen von primitiven Orthidae unverändert in diesen beiden Charakteren an. Formen, die als *Orthis* zu bezeichnen sind, finden sich noch im unteren Mitteldevon, um dann zu enden. Das wäre also ein stationärer Terminalzweig. Bikonvexe Orthidae, die im Prospodylium stationär bleiben, aber eine Schalenperforierung erhalten, werden als *Platystrophia* bezeichnet (Spiriferähnliches Gehäuse!). Bei der großen Masse der Orthidae wird aber das Prospodylium progressiv verändert und die nicht perforierte Schale in eine perforierte überführt. Gleichzeitig tritt im inneren Bau der ventralen Stützapparate und der Gehäuseform eine divergente Entwicklung hervor. Aus primitiven plan- und bikonvexen Orthidae geht so *Dalmanella*, aus resupinaten resp. inversen *Schizophoria* hervor, indem die ventralen Adductor- und Diductorindrücke gleich lang bleiben. Diesen steht *Rhipodomella* gegenüber, bei der der Adductoreindruck der Ventralklappe kurz bleibt.

Die Grenze zwischen *Orthis* und *Dalmanella* ziehen wir dort, wo zum ersten Male die Schalenperforierung hervortritt. Der inverse Typus *Hebertella* mit inverser nicht perforierter Schale leitet zu *Schizophoria* mit perforierter Schale über.

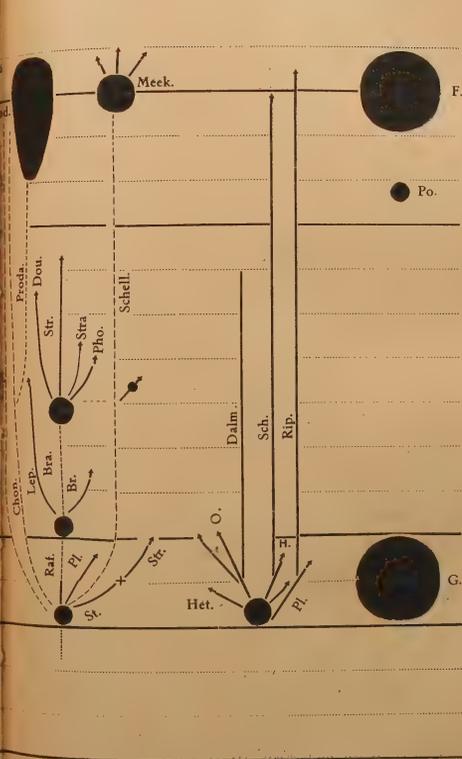
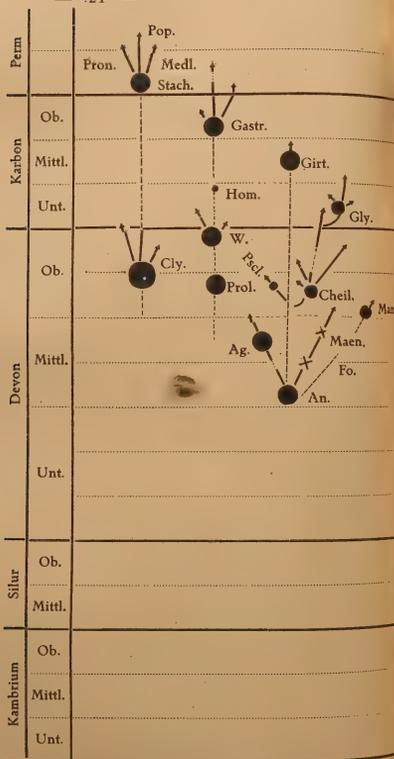
Aus dieser Uebersicht ergibt sich folgendes Gesamtbild für die Geschichte der Orthidae. Die Familie ist im Kambrium noch nicht vorhanden (Walcott 1912. S. 317 ff.). Die formenarmen Eorthidae des Kambriums — nur die Gattung *Eorthis* und *Finkelnburgia* ist nach Walcott (1912) vorhanden — gehen mit Beginn des Untersilurs in die Orthidae über, die sich noch während des Untersilurs zu einer formenreichen Tiergruppe entfalten. Zwischen den verschiedenen Typen sind zahlreiche Uebergänge und Zwischenformen vorhanden. Insofern hat Wysogorski durchaus recht. Diese labile Entfaltung hält während des gesamten Silurs an. Mit Beginn des Devons beginnen die Zwischenformen auszufallen und drei nunmehr scharf begrenzte Reihen *Dalmanella*, *Schizophoria* und *Rhipidomella* bleiben bestehen. Aus einem Stadium der labilen Entfaltung sind die Orthidae nunmehr in ein Stadium der stabilen Weiterentwicklung ge-



***) Cl. = Clymenien; Stach. = Stacheoceracea; Pron. = Familie Pronoritidae; Pop. = Fam. Popanoceratidae; Medl. = Medicottiidae. — Ag. = Agoniatites; Pro. = Prolobites; W. = Wocklumerien; H. = Homoceras; Gastr. = Gastrioceraten; An. = Anarcestes; x Fo. = Foordites; Maen. x = Maeneceraten; Cheil. = Cheiloceraten; Psl. = Pseudoclymenia; Gly. = Glyphioceraten; Girt. = Girtyoceras. — St. = Strophomena; Str. = Strophonella; Pl. = Plectambonites; Raf. = Rafinesquina; Br. = Brachy-



prionella; Bra. = Brachyprion; Lep. = Leptostrophia; Lept. = Leptaena; Douv. = Douvillina; Str. = Stropheodonta; Stra. = Stropheodontella; Pho. = Pholidostrophia; Schell. = Schellwienella; Prod. = Productidae; Meek. = Meekela, Streptorhynchus etc. — Het. — Heterorthis; O = Orthis; Dalm. = Dalmanella; H. = Hebertella; Sch. = Schizophoria; Rip. = Ripidomella; Pl. = Plaesiomys. — G. = Graptolithen; P. = Posidonien; F. = Fusulinen.



**) Cl. = Clymenien; Stach. = Stacheoceracea; Prol. = Familie Promoritiidae; Pop. = Fam. Papanoceratidae; Medl. = Medicottiidae. — Ag. = Agoniatites; Prol. = Prolobites; W. = Wocklumerien; H. = Homoceras; Gastr. = Gastroceraten; An. = Anarcestes; x Fo. = Foordites; Maen, x = Maeneceraten; Cheil. = Cheiloceraten; Psel. = Pseudoclymenia; Gly. = Glyphioceraten; Girt. = Girtyoceras. — St. = Strophomena; Str. = Strophonella; Pl. = Plectambonites; Raf. = Rafinesquina; Br. = Brachy-

prionella; Bra. = Brachyprion; Lep. = Leptostrophia; Lept. = Leptaena; Douv. = Douvillina; Str. = Stropheodonta; Stra. = Stropheodontella; Pho. = Pholidostrophia; Schell. = Schellwiennaella; Prod. = Productella; Meek. = Meekella, Streptorhynchus etc. — Het. = Heterorthis; O. = Orthis; Dalm. = Dalmanella; H. = Hebertella; Sch. = Schizophoria; Rip. = Ripidomella; Pl. = Plaesiomys. — G. = Graptolithen; P. = Posidonien; F. = Fusulinen.

treten. Auch diese scharf begrenzten Stämme enden noch im Palaeozoikum. Aus *Orthis* geht noch *Enteles* mit gefalteter Schale hervor. Ich habe mich nicht davon überzeugen können, daß Rhynchonellen aus *Orthis* hervorgehen. Mit Bezug auf einen Hauptstamm *Orthis-Dalmanella-Enteles* können die anderen Stämme als exzessive (*Schizophoria* in der Gehäuseform), als stationäre (Gruppe der *Orthis triangularis* und *Platystrophia*) und progressive (*Rhipidomella*) Terminalstämme bezeichnet werden.

Die Geschichte der *Orthidae* zeigt demnach, wie sich eine Tiergruppe zu einem bestimmten Zeitpunkt gleichsam büschelförmig entfaltet, um dann zu enden.

Etwas abweichend verhalten sich die *Rafinesquinen*. Den Ausgangspunkt stellt *Rafinesquina* dar mit normal konvex-konkaven Gehäuse und einfacher Ansatzfläche der Muskeln. Indem nun ein Teil der *Rafinesquinen* das Gehäuse nicht umformt, die inneren Stützapparate verändert, ein anderer Teil das Gehäuse, nicht aber die inneren Stützapparate umformt, kommt es zu einer ersten scharfen Scheidung innerhalb der *Rafinesquinen*. Vom Hauptstamme gehen vier Stämme aus: 1. *Rafinesquina* bewahrt das konvex-konkave Gehäuse, 2. *Leptaena* bewahrt den primitiven Bau der Muskelfelder, das Gehäuse bildet eine Schleppe heraus, die knieförmig abgknickt ist, und einen inneren Kragenwulst. 3. *Strophomena* erhält ein resupinates Gehäuse und verlängerte ventrale Muskeleindrücke. 4. *Schellwienella* endlich hat eine konvex-konkave Ventralklappe und eine konvexe Dorsalklappe. Alle haben eine nicht gezähnelte Area.

Der von *Rafinesquina* ausgehende Hauptstamm geht in *Brachyprion* über, das *Rafinesquina* in der Gestalt gleicht, sich aber durch die Querstreifung der Area von *Rafinesquina* unterscheidet. Die ventralen Adductoreindrücke sind so lang oder länger als die Ductoreindrücke. Die ventralen Adductoreindrücke bestehen aus zwei deutlich voneinander getrennten Feldern.

Im älteren Unterdevon entfaltet sich der Hauptstamm neuerdings und läßt mindestens zwei neue Stämme hervorgehen, einmal das bekannte Genus *Leptostrophia* und außerdem *Brachyprionella* (nov. gen.). Dem Hauptstamm gegenüber ist *Brachyprionella* vollkommen verändert. Das Gehäuse läßt wieder *Leptaenacharaktere* hervortreten, indem die Dorsalklappe knieförmig zu einer Schleppe umknickt und einen inneren Kragenwulst herausbildet. Die ventrale Muskelarea zeigt, vollkommen verändert, eine Gliederung in ein einheitliches zentrales vorn spitz auslaufendes Adductorfeld und in die seitlichen stark verlängerten und durch Radialleisten reich gegliederten Adductorfelder.

Eine dritte Entfaltung oder Virenzperiode erfahren die Rafflesquinen an der Grenze Unterdevon, Mitteldevon. Eine Reihe neuer und interessanter Terminalstämme bilden sich heraus: 1. *Stropheodontella* Wdkd.¹⁾ ist durch die zum Teil vollkommene Wiederkehr eines *Leptaena*-artigen Gehäuses von Bedeutung. 2. *Douvillinella* Wdkd.²⁾ und *Douvillinella*³⁾, 3. *Pholidostrophia*⁴⁾ und 4. *Stropheodonta*⁵⁾. — *Douvillinella* ist ein praematurer Terminalzweig, der bereits die *Douvillina*-artigen Charaktere vorzeitig zeigt. *Pholidostrophia* ist z. B. in der Eifel sehr häufig und weit-

1) Bezeichnend für *Stropheodontella* (n. g.) ist:

1. Das vollkommen *leptaena*-artige Gehäuse (Schleppe und Kragenwulst).
2. Die Gliederung der ventralen Muskelarea in die langen, lappenförmigen, vorn getrennt bleibenden *Diductoreindrücke* und die kürzeren ovalen *Adductoreindrücke*.
3. Das nicht septenförmige Hervortreten der dorsalen Querleisten, die vielmehr fast vollkommen rückgebildet sind. (Als Querleisten bezeichne ich die Leisten, die in der Dorsalklappe die vorderen und hinteren Seitenfelder der *Adductoreindrücke* voneinander trennen).

Hierher gehören *Str. irregularis* und *porigata*.

2) Für *Douvillinella* ist bezeichnend:

1. Die *resupinate* Gehäuseform.
2. Die Gliederung der ventralen Muskelarea in die lappenförmig verlängerten und vorn getrennt bleibenden *Diductoreindrücke*.
3. Das septenförmige Hervortreten der ventralen Querleisten.

Hierher gehört u. a. *Douvillina filifer*.

3) *Douvillina* Oehlert ist charakterisiert durch folgende Punkte:

1. Das normal konvex-konkave Gehäuse.
2. Die Kürze der ventralen Muskelarea, die in der Gliederung der von *Brachyprion* entspricht.
3. Der spitze Winkel, den die besonders bei oberdevonischen Arten septenförmig hervortretenden Querleisten miteinander bilden.

4) Für *Pholidostrophia* ist bezeichnend:

1. Das konvex-konkave Gehäuse mit glatter blättriger Schale, das vorn in eine Schleppe und einen Kragenwulst übergeht.
2. Die Länge und Größe der ventralen Muskelarea, das polsterartige Hervortreten der ventralen diskreten *Adductorfelder*, die durch einen glatten Wulst getrennt sind.

5) *Stropheodonta* Hall ist bisher im Rheinischen Gebirge nicht nachgewiesen. Charakteristisch ist:

1. Das normal konvex-konkave Gehäuse.
2. Die vollständige Zähnelung der Area.
3. Die Gliederung der ventralen Muskelarea in die langen, vorn durch einen langen Wulst getrennten und reich gegliederten *Diductorfelder* und die ovalen wulstartig hervortretenden *Adductorfelder*.
4. Die dorsalen Querleisten setzen weit hinten an und laufen der Mittellinie fast parallel.

verbreitet. Alle haben eine gezähnelte Area. — Es ist von Bedeutung, daß in den verschiedenen Virenzperioden immer wieder ähnliche Gestalten hervortreten.

Während diese Terminalstämme, die in den verschiedenen Virenzperioden entstanden sind, noch im Devon erlöschen, entfaltet sich Schellwienella im Karbon-Perm zu neuer Formenfülle. Genera wie Derbya, Orthotetes, Geyerella, Streptorhynchus und Meekella treten nunmehr hervor¹⁾.

Die in der Tabelle angeführten Beispiele aus dem Gebiete der Ammonoidea dürften an der Hand meiner Monographie der Goniatiten leicht zu verstehen sein.

Ueber Mutationsperioden.

Nach Abschluß meiner Untersuchungen machte mich Herr Geheimrat A. Meyer auf die Arbeiten von H. de Vries²⁾ aufmerksam. Es ist von ganz besonderem Interesse, daß de Vries auf Grund ganz anderer Untersuchungen zu ganz ähnlichen Resultaten gekommen ist. Auf der Tatsache, daß es mutable und immutable Arten gibt, hat de Vries seine Hypothese der periodischen Mutationen aufgebaut. Er sagt bereits (a. a. O.): „Die palaeontologischen Tatsachen stimmen gut mit dieser Tatsache überein. Man findet, daß die Schwärme von Arten und Varietäten aufeinander folgen wie ebenso viele Stockwerke. Dieselben Gestalten werden wiederholt, und die einzelnen Stockwerke scheinen miteinander durch einen Hauptstamm verbunden zu sein, welche in jeder Entwicklungslinie die ganze Zahl der verwandten Formen hervorbringen.“ „... die weite Mehrzahl der Seitenzweige sind jeder auf sein eigenes Stockwerk beschränkt.“ „Alle Tatsachen deuten auf den Schluß hin, daß diese Perioden der Stabilität und der Mutabilität mehr oder weniger miteinander abwechseln.“

Wenn ich trotz dieser Uebereinstimmung mit de Vries die Bezeichnung Virenzperioden nicht habe fallen lassen, so geschah das deshalb nicht, weil ich nach Kenntnis der Arbeiten de Vries die Mutationsperioden als eine Unterabteilung der Virenzperioden auffasse. Die Virenzperioden bezeichnen das palaeontologische Geschehen z. B. der Manticoceratidae, die Mutationsperioden aber die Eigenart der Entwicklung der Arten der Gattung Manticoceras (oder Oenothera).

Die iterative Artbildung (Kokens) fällt in den Bereich der Hypothese der Mutationsperioden. Ich werde erst auf die Muta-

1) Vgl. Ivor Thomas, The british carboniferous Orthotetinae. London 1910.

2) Vergl. Hugo de Vries: Die Mutationstheorie. Leipzig 1903. — Gruppenweise Artbildung. Berlin 1913.

tionsperioden nach neuen Aufsammlungen eingehen können. Es scheint mir nämlich, daß die Lehre der Mutationsperioden auf Grund des palaeontologischen Materials einer freilich unwesentlichen Korrektur bedarf.

Bedeutung der Virenzthorie für die Biostratigraphie.

Begriffsbestimmungen: Die *Zone* ist entsprechend meiner Definition durch die absolute Lebensdauer einer Art bestimmt. Die Arten aber, die als Zonenfossilien dienen, gehören demjenigen Teile einer Fauna an, der eine Virenzperiode bei einem hohen Grade der Virenz durchläuft.

Als *Periode* bezeichne ich eine höhere Einheit der geologischen Zeitmessung, die durch die entsprechende Dauer einer Virenzperiode bestimmt ist. Bei einem hohen Grade der Virenz sind die Perioden im allgemeinen scharf erfaßbar. Ihr Beginn ist durch den Zeitpunkt bestimmt, an dem aus einem invirenten Stamme heraus neue und stärker abweichende Typen hervorgehen. Das Ende ist durch das Ausklingen der Terminalstämme bedingt, dabei ist besonders auf exzessive Terminalstämme zu achten wie *Spirifer cultrijugatus*-Gruppe, *Prolobites*, *Parkinsonia* usw., die ja häufig die Eigenschaft besitzen, daß sie vor ihrem Ende besonders häufig sind resp. ein Maximum der Häufigkeit erreichen.

Die *Stufe* ist wiederum ein Teil einer Periode, die wiederum aus verschiedenen Zonen besteht. Ich habe sie bisher und mit Erfolg durch die maximale Häufigkeit einer Gattung eines virenten Stammes festgelegt. Die Stufe ist also ein besonders hervorstechender Teil der Periode. Beispiele sind *Cheilocerasstufe*, *Arietitesstufe*, *Cultrijugatusstufe* usw.

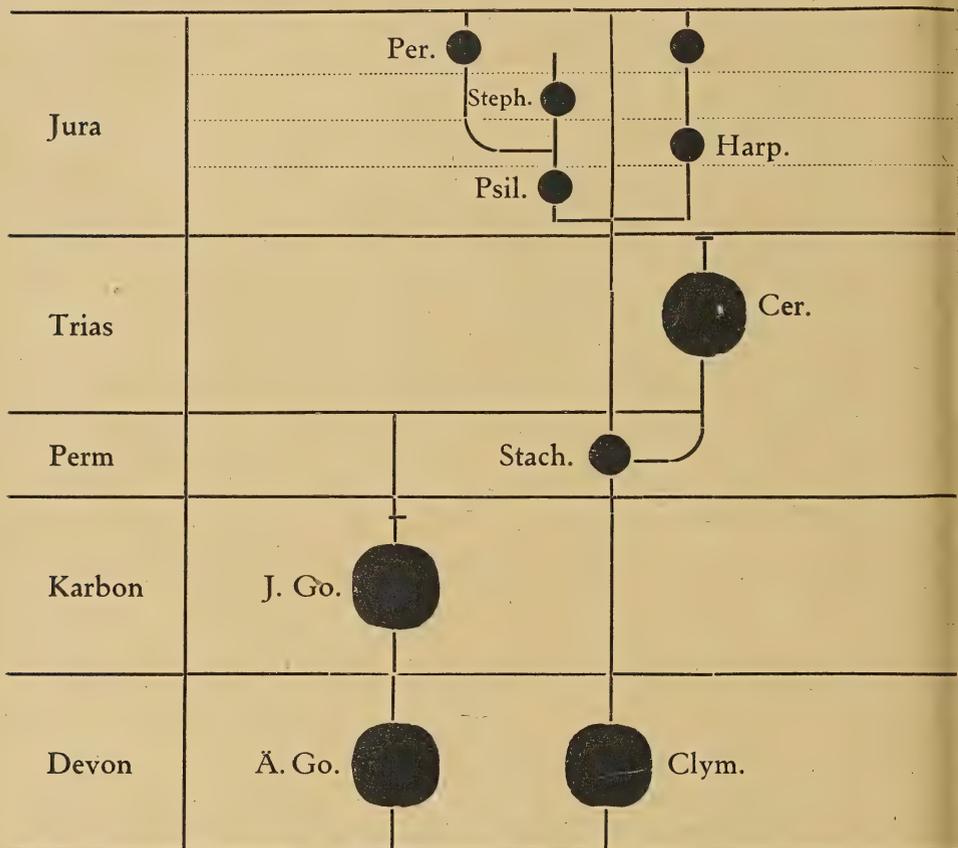
Anwendung der Begriffe: Eine Reihe auffallender Schnitte innerhalb der geologischen Zeitfolge sind seit altersher bekannt. Die Devon-Karbon-Grenze ist deshalb so besonders scharf, weil an dieser Grenze die *Clymenien* verschwinden und die älteren *Goniatiten* ohne *Mediansattel* (Ausnahmen *Praeglyphioceras* und

1) Auf die Ausführung H. Salfelds (Lobenlinie bei Jura- und Kreideammoniten) über die Unterscheidung der *Neoammonoidea* und *Mesoammonoidea* komme ich an anderer Stelle ausführlich zurück. Außerdem ist nach meinem jüngst an glänzend erhaltenem Material ausgeführten Untersuchungen die Deutung der Lobenelemente der *Harpoceracea* von Salfeld nicht richtig. Die allgemeine Sotenformel ist:

$$J U_I (U_{IV}(=S) U_{III} U_{II} L E M$$

und nicht $U_{III} = S$. Das Belegmaterial werde ich erst veröffentlichen können, wenn die mikrophotographische Einrichtung des hiesigen Institutes fertiggestellt ist. Die Formel gilt auch für *Oppelia*.

Manticoceratidae) in die jüngeren Goniatiten mit Mediansattel übergehen. Mit Beginn der Permformation erscheinen die ersten Neoammonoidea, an der Trias-Juragrenze enden die Ceratitacea und die große Masse der Mesoammonoidea, die reiche Entfaltung



*) Ä. Go. = Ältere Goniatiten, vorwiegend ohne Mediansattel; J. Go. = Jüngere Goniatiten, vorwiegend mit Mediansattel; Clym. = Clymenioidea; Stach. = Stacheoceracea; Cer. = Ceratitacea; Psil. = Psiloceratoidea; Steph. = Stephanoceratoidea; Per. = Perisphinctoidea; Harp. = Harpoceratoidea.

der Neoammonoidea beginnt. Mit dem Ausgang der Kreideformation verschwinden die Ammonoidea überhaupt.

Nach meinen Erfahrungen sterben die Clymenien nicht aus, sie werden lediglich oberhalb der Devon-Karbondgrenze invirent. Pronorites, nach meiner Auffassung ein Descendent der Clymenien,

ist im Carbon rel. selten und formenarm, entfaltet sich aber in der Permzeit zu den Stacheoceracea. Die Descendenten der Stacheoceracea treten wieder in der Triasformation zurück, um mit Beginn der Juraformation neuerdings dominierend hervorzutreten. Die Formationsgrenzen sind demnach durch auffallende Schnitte in der Entwicklung der Ammonoidea gekennzeichnet.

Die Juraformation ist palaeontologisch nicht in drei, sondern in vier große Abteilungen zu zerlegen. Unmittelbar über der Trias-Juragrenze durchlaufen die älteren Psiloceracea eine erste Virenzperiode, die aus zwei Teilperioden besteht. Den Zeitabschnitt, in dem die Gesamtperiode abläuft, bezeichne ich als Psiloceras-Periode. Während der ersten Teilperiode bilden sich die Genera *Psiloceras*, *Arietites* und *Schlotheimia* heraus. *Psiloceras*, *Arietites* und *Schlotheimia* bilden exzessive Terminalstämme, nur *Aegoceras* persistiert und läßt zunächst *Praederoceras* und dann die große Masse der *Deroceraten* entstehen. Nun folgt eine ausgesprochen invirente Periode, während der die Psiloceracea selten und formenarm sind. Nur *Coeloceras* ist vorhanden. Im Dogger treten neuerdings die Psiloceracea hervor, wieder in zwei kurz aufeinander folgenden Teilperioden. Zuerst bilden sich die häufigen und mannigfaltigen Genera wie *Emileia*, *Otoites* und *Stephanoceras* heraus. Besonders wichtig sind dann die Reihen, die zu *Parkinsonia* und *Baculitoceras* führen. Während der zweiten Teilperiode bildet sich der Terminalstamm *Macrocephalites*, *Keplerites*, *Cosmoceras* und außerdem der länger andauernde Terminalstamm *Cadoceras-Cardioceras* heraus. Da im Mittelpunkt dieser Periode *Stephanoceras* steht, bezeichne ich sie als *Stephanoceras-Periode* und schließe sie mit dem Enden von *Cosmoceras* ab.

Im weißen Jura entfalten sich die *Perisphinctoidea* zu großer Mannigfaltigkeit und verleihen dadurch dem weißen Jura einen ganz besonderen Charakter. Die *Perisphincten* sind im Dogger bereits vorhanden. In der Zwischenperiode, die zwischen der *Psiloceras-* und *Stephanoceras-Periode* liegt, erfahren die *Harpoceraten* eine erste Virenzperiode mit häufigen und mannigfaltigen Formen. Dieser Zeitabschnitt soll hier als *Harpoceras-Periode* bezeichnet werden.

Innerhalb dieser Perioden sind dann weiter Stufen zu unterscheiden wie *Psiloceras*-, *Arietites*-, *Deroceras*stufe u. s. f. Eine leidliche Zoneneinteilung findet man in der einschlägigen Literatur.

Eingegangen am 14. IV. 1920.

Ueber die Siphonalbildungen der Ammonoidea

(Mit 2 Textfiguren.)

Von O. H. Schindewolf.

I. Morphologie der Siphonalbildungen.

Wenn wir uns dem Studium des Siphonalorgans fossiler *Ammonoidea* widmen wollen, so haben wir zuvor, um den Siphon auch zoologisch begreifen zu können, in Kürze der Verhältnisse bei einer noch jetzt lebenden als nahe verwandt geltenden Form, dem *Nautilus*, zu gedenken.

Bei diesem Typus wie bei allen fossilen Cephalopoden hat man prinzipiell zwischen der Siphonalröhre selbst und andererseits zwischen solchen Bildungen zu unterscheiden, die erst sekundär durch das Auftreten des Siphons bedingt sind. Zu dieser letzteren Kategorie gehören die Siphonaltrichter¹⁾, das sind Ausstülpungen der Kammerscheidewände, die gleichsam die Pforten für den Siphon bei dessen Durchtritt durch die Septen bilden. Der Siphonalstrang selbst tritt uns bei *Nautilus* als eine Fortsetzung des dorsalen Endes des Eingeweidesackes²⁾ entgegen. Auf seiner Außenfläche scheidet er eine \pm feste kalkig-chitinöse Hülle aus; in seinem Inneren ist zwischen einem Kanal, d. i. einem den Siphon in seiner ganzen Länge durchziehenden Hohlraum, einem auskleidenden Epithel und einem lockeren Bindegewebe zu unterscheiden. Das letztere ist in seinen Lücken mit venösem Blute erfüllt und enthält außerdem ein besonderes arterielles Blut führendes Gefäß, die Siphonalarterie. Dieser so struierte Siphonalapparat beginnt in der Anfangskammer mit einer blindsackartigen Auftreibung und durchzieht von da die gesamte spiral aufgerollte Nautilusschale bis zu der Wohnkammer hin, wobei ihm die Siphonaltrichter den Durchlaß von einer Luftkammer zur anderen gewähren.

Nach diesen Vorbemerkungen gehe ich zu der Schilderung der Siphonalbildungen bei den fossilen Ammonoiten über. Als die ältesten Formen innerhalb dieses Tierstammes treten uns die *Goniatiten* entgegen oder die *Palaeoammonoidea*, wie sie neuerdings von

1) Die sonst übliche Bezeichnung „Siphonaldute“ lasse ich als unexakt fallen, da die fraglichen Bildungen nichts mit geschlossenen Duten gemein haben, sondern vielmehr beiderseits offen und von trichter- oder cylinderförmiger Gestalt sind.

2) Nach einigen Autoren soll allerdings der Siphon als geschlossene Röhre den Eingeweidesack durchziehen und erst in die Herzhöhle, das Pericard, einmünden, eine Auffassung, die jedoch auf Grund der neueren Literatur nicht sicher begründet zu sein scheint.

Wedekind bezeichnet wurden. Sie sind, kurz gesagt, durch eine goniatische Lobenlinie ausgezeichnet, d. h. eine einfache unzerschlitzte Lobenlinie mit gerundeten oder einspitzigen Loben und Sätteln. Der eigentliche Siphon dieser Formen ist nur selten erhalten. Mir liegt er lediglich in einigen Präparaten von *Glyphioceras striatum* Sow. sp. aus dem Kulm von Herdringen im Sauerlande vor; andere Autoren beobachteten ihn außerdem noch bei *Homoceras diadema* de Kon. sp. Er bietet in seiner äußeren Erscheinungsweise nicht viel Bemerkenswertes, abgesehen von seiner Lage, die eine streng externe, hart an der Außenseite des spiraligen Gehäuses ist. Von Wichtigkeit erscheint es mir jedoch, daß der Siphon nicht in dem gleichen Maße anwächst wie die Windungshöhe, sondern vielmehr hinsichtlich seiner Dicke von Anfang bis zu Ende annähernd konstant bleibt. Infolgedessen besitzt der Siphon auf den Jugendstadien eine erheblichere relative Größe als sie ihm im Alter eigen ist, eine Besonderheit, auf die später noch zurückzukommen sein wird.

Bei der großen Masse der von mir untersuchten devonischen, karbonischen und permischen Goniatiten hingegen sind lediglich die Siphonaltrichter erhalten, die sich als an ihrer Basis geöffnete, ringsum aber geschlossene trichterförmige Rückbiegungen des Septums darstellen. Vom ersten Septum an, wie ich namentlich an schönen Präparaten von *Girtyites Federowi* Karp. sp. aus der Artinsk-Stufe des Urals nachweisen konnte, liegt die Durchbruchsstelle des Siphons direkt an der Externseite, und es ist hier der den Externlobus hervorruhende Lobentrichter, der gleichzeitig als Siphonaltrichter in Anspruch genommen wird.

Eine zweite Erscheinungsweise hinsichtlich der Siphonalbildungen bieten uns die *Clymeniacea* dar, eine auf das Oberdevon beschränkte Formengruppe der *Ammonoidea*. Der Siphon dieser Formen scheint nirgends erhalten zu sein, bzw. ist bisher noch niemals beobachtet worden, sodaß wir auf Rückschlüsse aus der Art der Siphonaltrichter angewiesen sind. Diese zeigen ganz analoge Verhältnisse wie bei den *Palaeoammonoidea*, mit dem Unterschiede jedoch, daß hier die Siphonaldurchbrechung an der Internseite gelegen ist und demgemäß der Internlobentrichter gleichzeitig als Siphonaltrichter benutzt wird. In vollkommener Übereinstimmung mit den Goniatiten sind infolgedessen auch hier die Siphonaltrichter nach hinten gerichtet.

Weit interessanteren Verhältnissen als bisher geschildert begegnen wir bei den Ammoniten im weiteren Sinne, worunter ich hier aus Zweckmäßigkeitsgründen die *Mesoammo-*

noidea und *Neoammonoidea* Wedekind's zusammenfasse. Gegenüber den Goniatiten sind diese generell neben der primären Lobierung der Lobenlinie noch durch deren sekundäre Zerschlitzung, durch Inzisionenbildung, ausgezeichnet. Infolge besserer Erhaltungsmöglichkeiten und wahrscheinlich auch einer solideren Beschaffenheit der Siphonalbildungen sind uns diese in vollkommenerer Weise überliefert worden, als es bei den paläozoischen Formen der Fall ist, sodaß es hier verlohnt, etwas ausführlicher auf diese Verhältnisse einzugehen.

Wenden wir unsere Aufmerksamkeit zunächst dem Siphon selbst oder, besser gesagt, der Siphonalhülle zu, die uns vermöge ihres Gehaltes an mineralischen Substanzen¹⁾ naturgemäß einzig fossil übermittelt sein kann. Diese Siphonalhülle beginnt in der ersten

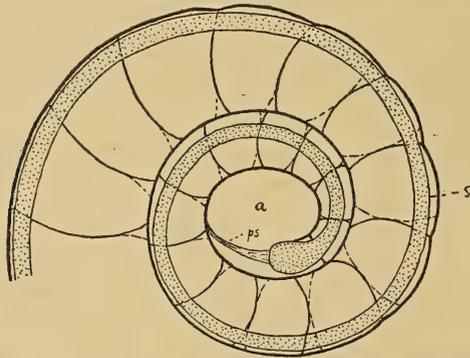


Fig. 1. Medianschnitt durch die Anfangskammer und die ersten Windungen von *Dorsetensia* cf. *complanata* Buckm. aus den Humphriesi-Schichten von Geerzen bei Alfeld. *a* Anfangskammer, *ps* „Prosipho“, *s* Siphon. Vergrößerung 20:1.

Luftkammer der Ammonitenschale mit einer kleinen kugeligem Anschwellung (Fig. 1) und durchzieht von da unter Durchbrechung

1) Nach den Untersuchungen von Grandjean (Le Siphon des Ammonites et des Bélemnites, Bull. Soc. géol. de France. 4. sér. t. XIII, 6, 1910) besteht die Siphonalhülle aus isotropem Calciumphosphat, während ihr andere Autoren eine chitinöse bezw. chitinös-kalkige Beschaffenheit zuschreiben. Sicherlich werden primäre Verschiedenheiten des Materials vorkommen, wenn auch nicht in dem Umfange, wie sie z. B. Branco (Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der fossilen Cephalopoden. II. Palaeontographica XXVII, 1880/81, S. 57) für die triadischen Ammoniten gegenüber den jüngeren annimmt, da bei jenen Formen nach meinen Untersuchungen Siphonen weit weniger selten erhalten sind als dieser Autor glaubte. Bei Untersuchungen dieser Art ist wohl auch noch mehr dem Umstande Rechnung zu tragen, daß die ursprüngliche Substanz des Siphonalorgans durch den Fossilisationsprozeß leicht einer sekundären Umwandlung anheimfallen kann.

der nachfolgenden Septen in spiraler Anordnung und bei im ganzen annähernd gleichbleibender Dicke die gesamte Schale bis zu der Wohnkammer. Häufig allerdings ist der spiralgige Verlauf kein reiner im mathematischen Sinne, indem die zwischen zwei Septen gelegenen Teile des Siphos auf diese Erstreckung hin geradlinig verlaufen und erst bei einer Gesamtbetrachtung das Bild einer Spirale ergeben. Ebenso bleibt sich auch der Siphos hinsichtlich der Dicke in seinem gesamten Verlaufe nicht absolut gleich, insofern nämlich, als er häufig an seiner Durchgangsstelle durch die Septen etwas eingengt und auf seiner interseptalen Erstreckung dann wiederum etwas aufgetrieben erscheint.

Bemerkenswert ist auch hier, wie das in gleicher Weise für die Goniatiten und Clymenien gilt, daß der Siphos in der Jugend eine erheblichere relative Dicke im Verhältnis zu der Windungshöhe als im Alter erkennen läßt. Während er auf den Anfangswindungen $\frac{1}{3}$ bis zu $\frac{1}{2}$ von deren Höhe einnimmt, beträgt seine Dicke im Alter, je nach der Größe der untersuchten Stücke, $\frac{1}{10}$ bis etwa nur $\frac{1}{30}$ der Windungshöhe. Diese eigenartige Erscheinungsweise war bereits Branco (a. a. O. S. 61) aufgefallen, und er folgerte daraus, daß der Siphos „in dem jungen Tiere eines der hervorragendsten, wenn nicht das größte aller Organe gewesen sein“ müßte.

Von großer Bedeutung ist dann ferner die auch bereits von Branco (a. a. O. S. 61 ff.) beobachtete Verlagerung des Siphos von der Internseite bzw. aus einer mehr zentralen Lage innerhalb der Jugendwindungen auf die Externseite der älteren Wachstumsstadien. Am geeignetsten zum Studium dieser Verhältnisse erweisen sich die triadischen Ammoniten, aus deren Schar mir namentlich einige *Trachyceras*- und *Tropites*-Arten der alpinen Trias brauchbare Untersuchungsobjekte lieferten. Bei diesen Formen ist zu beobachten, daß der Siphos innerhalb der ersten Kammerscheidewände hart an der Internseite angelegt wird, alsdann im Verlaufe der weiteren Entwicklung auf die Mitte der Windung wandert und erst auf dem zweiten bis dritten Umgange seine endgültige externe Lage einnimmt. (Vergl. Fig. 2.)

Noch typischer, weil langsamer ablaufend und daher in den Einzelstadien besser zu beobachten, ist dieser Entwicklungsgang bei den permischen Ammoniten. Leider aber gebricht es mir hier noch an ausreichendem geeigneten Material, um diese Verhältnisse des genaueren verfolgen zu können. Nur an einigen Exemplaren von *Agathiceras Suessi* Gem m. aus dem Permokarbon von Sizilien gelang es mir vorläufig erst, brauchbare Beobachtungen zu gewinnen. Die interne Lage des Siphos bleibt hier erheblich längere Zeit als bei den triadischen Formen erhalten, und selbst auf dem dritten bis vierten Umgange ist noch eine mehr oder weniger zentrale Lage

des Siphos zu beobachten. Erheblich schneller dagegen verläuft der Wanderungsprozeß bei den jurassischen und gar erst den kretazischen Ammoniten. Der Siphos wird hier zumeist erst gar nicht mehr auf der Internseite angelegt, vielmehr beginnt er in der Mehrzahl der Fälle sogleich mit einer mehr oder weniger zentralen Lage, um dann sehr bald endgültig an die Externseite zu rücken.

Ganz entsprechend ist naturgemäß das Verhalten der Siphonaltrichter, die bereits zur Aufhellung der soeben geschilderten Tatsachen in den Fällen herangezogen wurden, wo der eigentliche Siphos nicht erhalten ist. Nun tritt aber auch hier noch eine weitere Komplikation durch einen auffälligen Umprägungsprozeß hinzu. Es zeigt sich nämlich, z. B. bei den bereits oben herangezogenen triadischen Formen, daß die Siphonaltrichter anfänglich nach hinten gerichtet sind, wie es bei den Goniatiten und Cly-

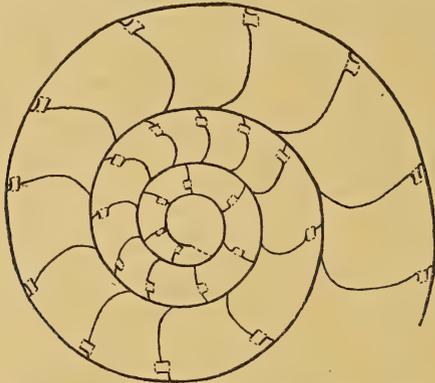


Fig. 2. Medianschnitt durch die ersten Windungen von *Trachyceras* sp. aus den Hallstätter Kalken zur Demonstration der Verlagerung und Umkehrung der Siphonaltrichter. Vergrößerung 20:1.

menien zeitlebens der Fall ist, und erst im Verlaufe der weiteren Entwicklung eine nach vorn gerichtete Stellung einnehmen (Fig. 2), die gemeinhin für die Ammoniten als charakteristisch angesehen wird (*Prosiphonata*). Die Mechanik dieser Umkehrung ist auf das genaueste von Branco (a. a. O. S. 53) beschrieben worden, sodaß hier nicht im einzelnen darauf eingegangen zu werden braucht.

Gleichzeitig ist der hier geschilderte Vorgang aber auch ein phylogenetischer Prozeß innerhalb des Geschlechtes der Ammoniten, mit dem naturgemäß das Verhalten in der ontogenetischen Entwicklung in ursächlichem Zusammenhange steht. So konnte ich z. B. bei dem permokarbonischen *Agathiceras Suessi* Gemm., der hinsichtlich der Verlagerung des Siphos bereits typisch ammonitische Charaktere aufweist, beobachten, daß die Siphonaltrichter hier — an-

scheinend zeit lebens — noch nach rückwärts gerichtet sind. Erst bei den triadischen Formen tritt die geschilderte Umlagerung in die Erscheinung und zwar auch hier so, daß die Rückwärtsstellung der Siphonaltrichter noch verhältnismäßig lange Zeit persistiert. Bei den jüngeren jurassischen und kretazischen Ammoniten sind dann endlich die Siphonaltrichter fast von Beginn an nach vorn gerichtet.

Zu den bereits behandelten Siphonalbildungen treten nun noch verschiedene Befestigungsapparate hinzu, die zu einer Fixierung der Lage des Siphos gedient haben. So ließen meine Schliffe durch den Siphonalapparat von *Platylenticeras Gevrii* d'Orb. sp. aus dem Valanginien von Gronau i. W. ein membranartiges Organ erkennen, das die Siphonalhülle allseitig umkleidet und an der Stelle des Septums inseriert, wo sich dieses zu dem Siphonaltrichter vorbeugt. Nach Grandjean (a. a. O.) sollen außerdem bei einigen Formen noch Lamellen auftreten, die die Ventralseite des Siphos an die Außenwand des Gehäuses anheften.

Ein weiteres Befestigungsorgan tritt uns in dem sogenannten „Prosipho“ mancher Autoren entgegen. Es handelt sich dabei um eine dünne meist kegelförmig eingerollte Membran, die die Hinterseite des Siphonalblindsackes mit der gegenüberliegenden Wand der Embryonalkammer verbindet. (Fig. 1.) Fälschlich ist dieses Organ häufig als ein embryonales Homologon des späteren Siphos in Anspruch genommen worden. Dagegen spricht aber, wie auch bereits von anderen Autoren betont wurde, die Tatsache, daß keinerlei offene Verbindung zwischen diesem „Prosipho“ und dem Siphoncoecum zu beobachten ist und weiterhin, daß der Habitus des „Prosiphos“ bei verschiedenen Gattungen ein stark wechselnder ist, während uns der Siphos selbst doch überall generell in der gleichen Erscheinungsweise entgegentritt. Ein Vergleich des „Prosiphos“ der Ammoniten mit dem Pro- oder Endosipho der *Endoceratidae* ist daher gänzlich von der Hand zu weisen, vielmehr halte ich die erstere Bildung für homolog mit den übrigen Befestigungsorganen des Siphos und möchte diese zusammen, rein äußerlich und funktionell, mit den Mesenterien in der Leibeshöhle etwa der Wirbeltiere vergleichen.

II. Physiologie und Morphogenie des Siphonalorgans.

Damit werden wir zu Betrachtungen über die physiologische Bedeutung des Siphos geführt. Eine Reihe von Hypothesen sucht den Siphos als einen hydrostatischen Apparat oder als einen Muskelstrang zum Zurückziehen des Tieres in die Schale zu begreifen, doch

ist diesen Deutungsversuchen so vielfach und offenbar mit vollem Rechte widersprochen worden, daß wir sie als nicht stichhaltig ablehnen müssen. In neuerer Zeit ist dann durch P f a f f ¹⁾ der Siphonalröhre bei den Nautiliden und Jugendformen vieler Ammoniten, wenn auch wohl nur als Nebenfunktion, die Rolle eines stützenden Organs zugeschrieben worden, das geeignet ist, den auf dem Endseptum lastenden Wasserdruck nach innen auf die weiter rückwärts gelegenen Septen abzuleiten. Aber auch diese Deutung scheint mir nur sehr wenig wahrscheinlich, da alle Anzeichen dagegen sprechen, daß der Siphon ein derart stabiles und zu einer solchen Tätigkeit befähigtes Organ ist.

Zu einer anderen Auffassung, die vielleicht den Tatsachen eher gerecht werden dürfte, bin ich auf Grund einer Vergleichung der Verhältnisse bei den *Orthoceradidae* aus dem Geschlechte der *Nautiloidea* gelangt. Bei den ältesten Formen dieser Gruppe, bei *Endoceras* Hall, tritt uns ein außerordentlich weiter Siphonalapparat entgegen. Er stellt eine voluminöse Ausstülpung des Visceralsackes dar, durch die ein Kontakt des Tieres mit den früher gebauten Schalentheilen aufrecht erhalten wird. Bei den jüngeren Abkömmlingen verkleinert sich der Umfang des Siphonalrohres mehr und mehr, indem die Eingeweide daraus verdrängt werden. Ganz analog glaube ich nun den Siphon der *Ammonoidea* deuten zu sollen, bei denen ontogenetisch die gleichen Verhältnisse wiederkehren. Anfänglich ist auch hier der Siphon von außerordentlicher relativer Weite und nimmt, wie bereits geschildert, oft bis zur Hälfte der Jugendwindungen ein. Infolgedessen hat man anzunehmen, daß in ihm umfangreiche Organe des Körpers gelegen waren, da sonst gar kein genügender Raum für das Tier in dem Rest der Windungen mehr vorhanden gewesen wäre. Da sich dann aber im Laufe der weiteren Entwicklung der Siphon nicht entsprechend der sonstigen Windungszunahme vergrößert, müssen sich später diese Organe aus dem Lumen des Siphons zurückgezogen haben, und dieser tritt uns nunmehr nur als ein rudimentärer Teil des Visceralsackes entgegen.

III. Betrachtungen über die Phylogenie der *Ammonoidea* im Spiegel der Siphonalbildungen.

Im folgenden sei mir der Versuch gestattet, das bisher gesammelte Tatsachenmaterial im Hinblick auf die Phylogenie der *Ammonoidea* auszuwerten. Im Brennpunkt steht dabei die Frage

1) E. Pfaff, Ueber Form und Bau der Ammonitensepten und ihre Beziehungen zur Suturlinie. IV. Jahresbericht d. Nieders. geol. Vereins. Hannover 1911. S. 212.

nach der Abstammung der Ammoniten im weiteren Sinne, der Formen, die nach der obigen Darstellung durch eine Verlagerung des Siphos von der Intern- auf die Externseite und durch eine Umkehrung der Siphonaltrichter von hinten nach vorn charakterisiert sind. Da diese Prozesse innerhalb des Individuums mit der größten Regelmäßigkeit verlaufen und außerdem phylogenetisch dem Gesetze der Acceleration unterworfen sind, insofern nämlich als der Entwicklungsgang bei den jüngeren Formen ganz successive gegenüber dem der älteren abgekürzt und beschleunigt erscheint, glaube ich annehmen zu dürfen, daß uns hier die ontogenetische Entwicklung in vollkommener Weise ein Abbild der einstigen Stammesgeschichte liefert. Als Ausgangspunkt haben wir dann also Formen mit intern gelegenen Siphos und rückwärts gewendeten Siphonaltrichtern anzusehen. Derartige Typen treten uns aber in den *Clymeniacea* entgegen. Auf Grund dieser Gedankengänge sehe ich mich also genötigt, für alle die Ammoniten, die durch die beiden genannten Umwandlungsprozesse ausgezeichnet sind, eine Abstammung von den Clymenien anzunehmen.

Diese Auffassung entspricht aber nun keineswegs der allgemein herrschenden; in sämtlichen Lehrbüchern findet man vielmehr den Standpunkt vertreten, daß die Goniatiten die Stammformen der Ammoniten bilden, und auch Branco kommt in seiner bereits des öfteren zitierten Studie zu demselben Resultat. Merkwürdigerweise ist als Begründung dieser Auffassung einseitig immer nur die Umkehrung der Siphonaltrichter ins Feld geführt, die nach meiner Meinung ebenso bedeutungsvolle Verlagerung des Siphonalstranges aber stets außer Acht gelassen worden. Unter Berücksichtigung auch dieser Eigentümlichkeit sehe ich aber keine Möglichkeit, die Ammoniten an die Goniatiten anzuschließen.

Fassen wir noch einmal das Gesamtbild ins Auge, so ergibt sich, daß die jüngeren Kreide- und Juraammoniten Verlagerung des Siphos und Umkehrung der Siphonaltrichter in schnellem Ablauf erkennen lassen. Bei den triadischen Formen erscheint alsdann diese Entwicklung gedehnt, und bei den permischen Ammoniten endlich war zu beobachten, daß die Verlagerung des Siphos selbst auf mittleren Umgängen noch nicht zum Abschluß gelangt ist. Gehen wir nun noch einen Schritt weiter zurück ins Karbon, in den Herrschaftsbereich der Goniatiten, so sollte man erwarten, daß diese als die angenommenen Stammformen der Ammoniten die in Rede stehenden Umwandlungsprozesse in noch langsamerem Ablaufe erkennen ließen. Das ist aber nun zweifellos nicht der Fall, vielmehr zeigten sämtliche untersuchten Goniatiten, soweit sie eine zureichende Erhaltung besaßen, eine externe Lage des Siphos vom

ersten Septum an bis ins Alter, also keinerlei erste Anlage desselben an der Internseite und nachträgliche Abwanderung zur Externseite. Durch diese Beobachtungsreihe bin ich dazu gelangt, einen scharfen Schnitt zwischen den Goniatiten und Ammoniten anzunehmen und an eine Abstammung der letzteren von den Clymenien zu denken.

Dieses Ergebnis, so weit es auch von den landläufigen Auffassungen abweicht, ist nun keineswegs neu, abgesehen allerdings von dem hier eingeräumten weiten Umfange. Schon von Wedekind¹⁾ wurde früher einmal der Gedanke geäußert, daß vielleicht ein Teil der nachdevonischen *Ammonoidea* an die Clymenien anzuschließen wäre, und zwar gelangte er, was hier von Wichtigkeit ist, zur Hauptsache auf ganz anderen Wegen zu dieser Anschauung, so daß also unsere Deduktionen gewissermaßen als Bestätigung und gegenseitige Ergänzung aufgefaßt werden können. Dabei stützte sich Wedekind einmal auf den Verlauf der sogenannten „embryonalen Lobenlinie“ bei den Ammoniten, der in dieser Art einzig bei den Clymenien vorkommt. Auf dieses Kriterium möchte ich weniger Gewicht legen, da es noch nicht einwandfrei feststeht, ob die „embryonale Lobenlinie“ tatsächlich eine Lobenlinie in dem sonst üblichen Sinne darstellt und insofern zu Vergleichen geeignet ist, oder ob sie nicht vielmehr nur, wie Wedekind später auch selbst ausgeführt hat, vielleicht einem larvalen Mundrand entspricht.

Ein anderes wichtiges Argument dieses Autors bezieht sich auf die Beschaffenheit des Medianlobus, der, ursprünglich einfach, die Tendenz zeigt, sich durch Herausbildung eines Mediansattels zu differenzieren. Nun ergibt sich das folgende Verhältnis, daß die ältesten Ammoniten erst gerade mit einer Herausbildung des Mediansattels beginnen, während die jüngsten Goniatiten des Karbons und Perms ausnahmslos durch einen hoch entwickelten Mediansattel ausgezeichnet sind. Will man daher die Goniatiten als die Ahnen der Ammoniten gelten lassen, so müßte man annehmen, daß der weitgehend differenzierte Mediansattel der ersteren nicht in die Lobenlinie der Nachkommen übernommen wurde, eine Prämisse, die durch nichts zu rechtfertigen ist.

Die Clymenien andererseits aber enden im Oberdevon noch ohne Mediansattel und hierher fällt — damit gibt auch das zeitliche Moment den hier vertretenen Anschauungen Recht — die Wurzel des Ammonitengeschlechtes. Welche Formen im einzelnen die Überleitung von den Clymenien zu der erst im Perm und in der

1) R. Wedekind, Die Genera der Palaeoammonoidea (Goniatiten) Palaeontographica LXII, 1917, S. 87. — Zuvor hatten auch bereits Mojsisovics und Hoernes den Versuch gemacht, eine kleine Gruppe von Ammoniten, die *Ammonia trachyostraca*, auf die Clymenien zurückzuführen.

Trias erfolgenden reichen Entfaltung der Ammoniten besorgen, muß vorläufig ungewiß bleiben. Vermutlich sind als solche etwa Typen wie *Pronorites* M o j s. in Anspruch zu nehmen, die bereits im Unterkarbon auftreten. Jedenfalls aber kommen dafür die clymenienähnlichen Prolecaniten des Unterkarbons, so verlockend ein solcher Ableitungsversuch auf den ersten Blick erscheinen mag, nicht in Betracht, da sie nach meinen Untersuchungen echte Goniatiten mit von Anfang an extern gelegenen Siphon darstellen. Ich schließe daher diese letzteren Formen jetzt an den jungdevonischen Goniatitenzweig der *Prolobitidae* W d k d. an.

Wenn ich somit hier die Ammoniten in ihrer überwiegenden Mehrzahl auf die Clymenien zurückführe, so soll damit keineswegs in Abrede gestellt werden, daß nicht auch die Goniatiten in geologisch jüngere Bildungen hinübergehen. In der Permformation haben wir mit Sicherheit noch echte Goniatiten, und Abkömmlinge von ihnen, die ich wegen des Verhaltens ihrer Siphonalbildungen noch zu dem Goniatitenstamm rechnen muß, zeigen bereits eine höhere ammonitische Differenzierung der Lobenlinie (*Propinacoceras* G e m m., *Daraelites* G e m m.). Weiterhin treten in der alpinen Trias Formen auf, die wie z. B. *Badiotites* M o j s. und *Nannites* D i e n. noch eine ursprüngliche goniatitenartige Gestaltung der Lobenlinie zeigen und möglicherweise Descendenten der paläozoischen Goniatiten sein könnten. Für die Gattung *Lobites* M o j s. allerdings, die auch noch eine primitive goniatitische Lobenlinie trägt, konnte ich nachweisen, daß hier bereits eine Verlagerung des Siphons auftritt und demgemäß nach den hier vertretenen Anschauungen eine Angliederung an die Goniatiten nicht möglich erscheint. Angesichts dieser Tatsache hat die angedeutete Eventualität auch für die übrigen primitiven Triasformen nur wenig Wahrscheinlichkeit für sich. Mangels geeigneten Materials ist es mir jedoch vorderhand nicht möglich, diese Frage zu klären und ebenso auch nicht die, ob und wie weit der Goniatitenstamm vielleicht in noch jüngeren Ammonoideengenera fortlebt. Zu diesem Ende wären weit ausholende Spezialuntersuchungen durchzuführen.

Die Stämme der Goniatiten und der Clymenien aber laufen selbständig und ohne nähere genetische Beziehungen nebeneinander her. Jedenfalls ist es mir nicht möglich, mit S o b o l e w¹⁾ in den Clymenien intrasiphonate Mutationen der Goniatiten zu erblicken. Wenn derartige Beziehungen zwischen extrasiphonaten und intrasiphonaten Formen bestehen, so ist, wie es der Fall der Ammoniten lehrt, eine vollständige Reihe der dazwischen vermittelnden Über-

1) D. Sobolew, Skizzen zur Phylogenie der Goniatiten. Mitt. des Warschauer Polytechn. Instituts. 1914, S. 132 ff.

gänge zu beobachten. Eine derart tief einschneidende Veränderung aber durch Mutationen erklären zu wollen, scheint mir ein Beweis zu großen Vertrauens zu den Fähigkeiten der Organismen zu sein. Außerdem ist bei der Beurteilung dieser Verhältnisse zu berücksichtigen, daß die Abwanderung des Siphos in der normalen Entwicklungsreihe von der Intern- nach der Externseite erfolgt, während für eine Beweisführung der Auffassung Sobolew's gerade das gegenteilige Verhalten zu fordern wäre.

Möglicherweise sind Untersuchungen über die Siphonalbildungen der *Ammonoidea* auch geeignet, etwas Licht über die bisher noch im Dunkel liegende Wurzel dieses Stammes in seiner Gesamtheit zu verbreiten. Feststehen dürfte so viel, daß die *Ammonoidea* von den *Nautiloidea* abzuleiten sind, die das älteste Geschlecht unter den Cephalopoden darstellen. Vielleicht bietet nun die anfänglich in der ontogenetischen Entwicklung von Formen aller Ammonoideenzweige zu beobachtende erhebliche Dicke des Siphonalrohres weitere Anhaltspunkte, und vielleicht hat Hyatt¹⁾ nicht ganz unrecht, wenn er in dieser Hinsicht die Urform der *Ammonoidea* in der Nähe der tiefsilurischen Endoceraten mit ihren voluminösen Siphonalbildungen vermutet. Wahrscheinlich haben wir es aber auch hier kaum mit einer einheitlichen Entstehung zu tun, sondern vielmehr mit einer polyphyletischen, wie sie im kleinen oben für die Ammoniten gezeigt werden konnte.

IV. Nachwort.

Zum Schluß möchte ich der Bitte Ausdruck geben, die vorliegende Studie so auffassen zu wollen, wie sie gemeint ist, nämlich als eine teilweise Wiedergabe der ersten vorläufigen Resultate von Untersuchungen, die ich selbst in der Folge noch weiter auszubauen gedenke. Sodann spreche ich Herrn Professor Dr. Wedekind meinen verbindlichsten Dank dafür aus, daß er mittelbar die Anregung zu dieser Arbeit gab und mir zu deren Durchführung in bereitwilligster Weise die reichen Materialien seines Institutes zur Verfügung stellte.

1) A. Hyatt, Fossil Cephalopods of the Museum of Comparative Zoölogy. Embryology. Bull. of the Mus. of Compar. Zoöl. Vol. III. 1874, S. 93.

Eingegangen am 14. IV. 1920.

Die Verwendung des Maßes des Verdächtens auf systematische Fehler in der experimentellen Pädagogik.

Von S. Valentiner.

Die Herren R i c h a r z und N e u m a n n ¹⁾ haben vor einiger Zeit ein Maß des Verdachts auf systematische Fehler angegeben und legen der Feststellung dieses Maßes fünf verschiedene Fehlerkriterien zu Grunde. Ich möchte im Folgenden kurz auf einen Fall hinweisen, in dem es sich um das Problem der Festsetzung eines ganz ähnlichen Maßes handelt und der m. E. in Anlehnung an jene Theorie von R i c h a r z und N e u m a n n behandelt werden sollte. Er bietet außerdem insofern einiges Interesse, als bei dieser Anwendung das 4. Fehlerkriterium eine Rolle spielt, das in physikalischen Betrachtungen seltener benutzt wird.

Das Problem gehört der experimentellen Pädagogik an. Dort handelt es sich häufig um die Aufgabe, festzustellen und zwar möglichst zahlenmäßig festzustellen, eine wie enge Beziehung zwischen zwei Begabungen einer Reihe von Schülern besteht, z. B. zwischen der Begabung für Mathematik und der Begabung für Musik. Stimmt die Reihenfolge der nach den Leistungen in der Mathematik geordneten Schüler überein mit der Reihenfolge der Schüler, die nach den Fähigkeiten in der Musik, natürlich unter Berücksichtigung ihrer Ausbildung, geordnet sind, so wird man auf eine sehr enge Beziehung zwischen den Begabungen für Mathematik und Musik schließen. Sind größere Abweichungen vorhanden, so ist eine weniger enge Beziehung anzunehmen. Den Grad oder ein Maß der Enge der Beziehung zwischen zwei Begabungen angeben zu können, wird als von großer Wichtigkeit für psychologisch-pädagogische Studien bezeichnet. Die Lösung dieser Aufgabe wird in der sogenannten „Korrelationslehre“ und „Korrelationsrechnung“ der psychologischen Pädagogik ²⁾ angestrebt. Auf ein Maß werden wir leicht geführt, wenn wir unser Beispiel der Vergleichung von Begabung für Mathematik und Musik in folgender Weise etwas weiterführen. 10 Schüler, ihrer Begabung in Mathematik nach geordnet, seien durch die Abkürzungen A_1, A_2, \dots, A_{10} bezeichnet; die Reihenfolge derselben Schüler nach ihren musikali-

1) F. Richarz u. E. Neumann, „Über ein Maß des Verdächtens auf systematische Fehler.“ Universitätsprogramm Marburg 1909. — Vgl. auch: Zs. f. phys. Chemie, 86, Heft 3, S. 714—724, 1914.

2) Vgl. z. B. G. Deuchler, „Über die Methoden der Korrelationsrechnung in der Pädagogik und Psychologie.“ Zs. f. päd. Psych. u. exper. Pädagogik, 15, S. 114, 1914.

schen Fähigkeiten sei: $A_5 A_4 A_2 A_1 A_7 A_6 A_8 A_3 A_{10} A_9$. Wir wollen die Stärke der musikalischen Begabung durch obere Indices kennzeichnen, können also die Schülergruppe dann durch die Abkürzungen charakterisieren: $A_1^4 A_2^3 A_3^8 A_4^2 A_5^1 A_6^6 A_7^5 A_8^7 A_9^{10} A_{10}^0$. Wir vergleichen nun jeden Schüler dieser Reihe mit jedem der in der Reihe folgenden und schreiben als Resultat der Vergleichung ein Plus-, bezw. ein Minuszeichen an, wenn die oberen Indices mit den unteren steigen, bezw. wenn sie sich entgegengesetzt verhalten. Danach hätten wir bei Vergleich des Schülers A_1^4 mit den folgenden Schülern 6 Plus-, 3 Minuszeichen zu notieren; bei Vergleich des Schülers A_2^3 mit den auf A_2^3 folgenden 6 Plus-, 2 Minuszeichen, u. s. f. Im Ganzen ergibt der in dieser Weise durchgeführte Vergleich 32 Plus-, 13 Minuszeichen. Würden gleichviel Plus- wie Minuszeichen sich ergeben haben, so wäre völlige Unabhängigkeit der Begabung in Mathematik und Musik anzunehmen; 45 Plus-, 0 Minuszeichen würde völlige Abhängigkeit dartun, der stärkste Verdacht auf eine systematische Beziehung wäre vorhanden. Es liegt nun nahe, als Maß der Abhängigkeit einfach die Anzahl der Pluszeichen oder auch die Differenz der Plus- und Minuszeichen, dividiert durch die Gesamtheit der Vorzeichen anzugeben. In den Fällen, in denen die Gesamtheit der Vorzeichen gleich ist, kann in der Tat die Zahl der Pluszeichen den Grad der Abhängigkeit eindeutig zahlenmäßig bestimmen; einer größeren Zahl von Pluszeichen wird ein höherer Grad von Abhängigkeit entsprechen. Für die Fälle, in denen die Gesamtheit der Vorzeichen verschieden ist, tritt aber die Frage auf, ob wohl durch die Division der Pluszeichenzahl durch die Gesamtzahl der Vorzeichen die Gesamtzahl in richtiger Weise berücksichtigt wird, oder mit anderen Worten, ob ein stichhaltiger Grund dafür vorliegt, dem gleichen Quotienten von Pluszeichenzahl und Gesamtzahl den gleichen Grad der Abhängigkeit auch bei verschiedener Gesamtzahl zuzuordnen. Wie wir sehen werden, ist eine derartige Zuordnung vom Standpunkt der Theorie von Richardz und Neumann über das Maß des Verdachts auf systematische Fehler in der Tat nicht zulässig, jenes Maß also irreführend. Auf das vorliegende Problem ist aber diese Theorie unmittelbar anwendbar, sofern man nur das Maß des Verdachts selbst als Maß der Abhängigkeit zweier Begabungen einführt. Im obigen speziellen Beispiel ist dieser Theorie entsprechend das Maß in folgender Weise zu definieren: Als Maß der Abhängigkeit (bezw. des Verdachts) ist die Wahrscheinlichkeit dafür anzusehen, daß die Vorzeichensumme (Differenz der Anzahl an positiven und negativen Zeichen) in dem Resultat einer Versuchsreihe oder Konstellation, die mit zufälligen Fehlern behaftet sein soll, kleiner ist als die Vorzeichensumme im Resultat der beobachteten Ver-

suchsreihe. Als Wert \mathfrak{B} dieser Wahrscheinlichkeit erhält man bei 32 Plus- und 13 Minuszeichen, also wenn die Vorzeichensumme $s = 19$ und die Gesamtzahl $n = 45$ ist,

$$\mathfrak{B} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{s-1}{\sqrt{2n}}} e^{-z^2} dz = 0.993.1)$$

0.993 wäre somit die Maßzahl der Abhängigkeit der beiden Begabungsarten. Damit wäre ein eindeutiges Maß für alle solche Fälle der experimentellen Pädagogik gewonnen, ein Maß, welches einen gewissen Anspruch auf innere Begründung machen kann. Da eine große Zahl der Resultate der Korrelationsrechnung in der Pädagogik und Psychologie auf Vorzeichensummen hinauslaufen, möchte dieses Maß für die Korrelationsrechnung von Wichtigkeit sein.

Eine weitere Frage ist freilich die, ob dieses Maß gerade in den pädagogisch-praktischen Fällen sehr bequem ist. Zur Berechnung von \mathfrak{B} kann man ohne geeignete Tabellen, die z. B. zu den verschiedenen Argumenten $\frac{s-1}{\sqrt{2n}}$ die zugehörigen \mathfrak{B} angeben, nur

schwer auskommen; dazu kommt, daß für Argumente zwischen 2.0 und unendlich der Wert von \mathfrak{B} zwischen 0.995 und 1 liegt, daher bei Angabe des Maßes im Fall eines Argumentes > 2.0 schon bei geringen Ansprüchen an Genauigkeit recht ausführliche Tabellen benutzt werden müssen. Das ist umständlich. Es möchte daher sich empfehlen, als Maß der Abhängigkeit einfach das Argument selbst zu nehmen, durch das \mathfrak{B} bestimmt wird, oder dann statt $\frac{s-1}{\sqrt{2n}}$ sinngemäß $\frac{s}{\sqrt{2n}}$. Die Größe dieses Maßes

schwankt zwischen 0 und $\sqrt{n/2}$, also da n beliebig groß sein kann, zwischen 0 und unendlich. Es wäre falsch, das Maß dadurch auf das Intervall 0 bis 1 überführen zu wollen, daß man die durch das Argument definierte Maßzahl durch $\sqrt{n/2}$ dividiert, sodaß wir auf das Maß $\frac{s-1}{n}$, oder das von anderer Seite ³⁾ vor-

geschlagene, oben genannte Maß $\frac{s}{n}$ kommen würden. Daß und inwiefern die Angabe dieses Maßes auf Resultate führen würde, die

1) Vgl. die Funktionentafeln von Jahnke und Emde (spez. „das Fehlerintegral“), Teubner 1909, und Richarz u. Neumann, a. a. O.

2) Für $s = 0$ ist für das Argument der Wert 0 zu setzen, vgl. Richarz u. Neumann, a. a. O.

3) G. Deuchler, a. a. O.

denen zuwiderlaufen, die sich auf Grund des gut begründeten Richarz-Neumann'schen Kriteriums ergeben, zeigt übersichtlich die folgende Zusammenstellung der verschiedenen Maßzahlen für zwei getrennte Beobachtungsreihen mit verschiedenen n -Werten, bei denen sich die s -Werte wie die n -Werte verhalten:

$$1) \quad n = 10, \quad s = 2, \quad \text{daher} \quad \frac{s}{n} = 0.20, \quad \frac{s}{\sqrt{2n}} = 0.45, \\ \frac{s-1}{\sqrt{2n}} = 0.22, \quad \mathfrak{B} = 0.24$$

$$2) \quad n = 100, \quad s = 20, \quad \text{daher} \quad \frac{s}{n} = 0.20, \quad \frac{s}{\sqrt{2n}} = 1.41, \\ \frac{s-1}{\sqrt{2n}} = 1.35, \quad \mathfrak{B} = 0.94$$

Während also das Maß $\frac{s}{n}$ in beiden Fällen die gleiche Abhängigkeit zwischen den Begabungen feststellt, läßt das Maß von Richarz und Neumann bzw. auch das durch das Argument definierte Maß im zweiten Fall eine viel engere Beziehung zwischen den Begabungen erwarten als im ersten Fall, was auch eine einfache Überlegung mit Rücksicht darauf ergibt, daß der mittlere Fehler bei wachsendem n nur proportional \sqrt{n} wächst. Danach ist die Abhängigkeit mit größerer Sicherheit erwiesen, wenn 60 Pluszeichen 40 Minuszeichen gegenüberstehen, als wenn 6 Pluszeichen 4 Minuszeichen gegenüberstehen. Es empfiehlt sich daher bei Einführung solcher Maße wie des Maßes der Abhängigkeit dem Vorgang von Richarz und Neumann zu folgen, bei dem die Gesamtzahl der Vorzeichen in richtiger Weise berücksichtigt wird.

Die vorstehenden Bemerkungen dürften von neuem die allgemeine Bedeutung jener Theorie dartun.

Clausthal, Phys. Inst. d. Bergakademie, März 1920.

Ernst Frey:

Die Zuckung des Skelettmuskels und Herzens auf Grund von Stoffwechselfvorgängen.

Wenn wir auch noch nicht über die Einzelheiten des Ablaufes der Stoffwechselfvorgänge im Muskel orientiert sind, so erscheint es doch in hohem Grade wahrscheinlich (siehe Hill¹ und von Fürth²), daß bei der Zusammenziehung die Milchsäure eine Rolle spielt, und zwar die der *causa movens*, und daß die Milchsäure durch den Reiz aus einer Muttersubstanz entsteht. Während der Erholung des Muskels, während des Wiederaufbaues potentieller Energie, wird dann die Milchsäure wieder zu ihrer Vorstufe regeneriert, und zwar durch Koppelung mit Oxydationsreaktionen, welche dazu die nötige Energie liefern. Die Zuckung selbst ist dabei ein Vorgang, der ohne Verbrauch von Sauerstoff vor sich geht, und der wahrscheinlich auf einer Veränderung der Oberflächenspannung oder des Quellungszustandes kleiner Teilchen durch die Säure beruhend zu einer Entwicklung von Spannung führt, die nun die Formveränderung des Muskels bedingt.

Es fragt sich nun, ob es gelingt, aus dieser Vorstellung von den Stoffwechselfvorgängen sich ein Bild von dem Verlauf der Kontraktion des Muskels zu machen. Und es soll im folgenden versucht werden, ob sich aus diesen Stoffwechselfvorgängen die Erscheinungen am Muskel und Herzen ableiten lassen.

I. Einzelzuckung, Tetanus und tonische Kontraktur.

Wenn durch einen Reiz aus der aufgehäuften Milchsäuremuttersubstanz die Milchsäure in Freiheit gesetzt wird, so wird nun unter dem Einfluß der Milchsäure — sagen wir — der Quellungszustand einer Anzahl kleiner Teilchen vergrößert; es strömt also jetzt unter der Säurewirkung Wasser in die quellenden Teilchen ein, und zwar entsprechend der Säuremenge (etwa proportional) mit einer bestimmten Geschwindigkeit. Ist schon etwas Wasser eingeströmt, so kommt für die Geschwindigkeit des Vorganges gewissermaßen die Menge Milchsäure in Abzug, welche schon „ihr“ Wasser erhalten hat. Außerdem wird aber die Milchsäure physiologisch bedeutungslos, indem sie teils wieder zu Milchsäuremuttersubstanz aufgebaut wird, teils auch wohl durch das Alkali des Bikarbonates abgesättigt wird. Es findet also sehr schnell ein Verbrauch der Milchsäure statt; und zwar wird dieser Verbrauch am schnellsten vor sich gehen, wenn vier

Milchsäure vorhanden ist, später bei nur noch wenig Milchsäure langsamer. — Der Zuckungsverlauf würde also durch die Gleichung der Geschwindigkeit dieses Vorganges gegeben sein: die in der kleinen Zeit dt einströmende Menge Wasser dx , dividiert durch die kleine Zeit, also die Geschwindigkeit des Einströmens dx/dt ist gleich einem Geschwindigkeitsfaktor K mal der Milchsäure L , die immer um das schon eingeströmte Wasser (in entsprechendem Maße gemessen) vermindert wird. Außerdem nimmt die Milchsäure L erst schnell, dann langsam ab, also etwa immer in derselben Zeit um denselben Prozentsatz der noch vorhandenen Menge; dann ist die jeweils noch vorhandene Milchsäuremenge gleich L mal e^{-ct} , wenn c eine Konstante und t die Zeit bedeutet. Es lautet also unsere Geschwindigkeitsgleichung

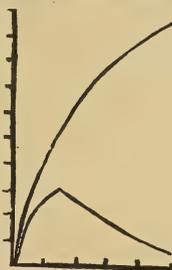
$$dx/dt = K(Le^{-ct} - x) \text{ oder integriert: } x = \frac{KL}{K-c}(e^{-ct} - e^{-Kt});$$

wir können dann die jeweils vorhandene Menge Quellungswasser errechnen, und erhalten so ein Bild der Zuckung. (Ist von früher noch ein Verkürzungsrückstand übrig geblieben, so kommt jeweils eine schnell abnehmende Größe ae^{-Kt} dazu; deswegen sieht man manchmal während des Anstiegs der Herzkurven einen Rückfall.) Es verläuft also der Vorgang zuerst schnell, dann langsamer, erreicht nun einen Gipfel und geht später in umgekehrter Richtung von statten; etwa so wie die Lösung eines Salzes in einer bestimmten Menge kochenden Wassers, erst wird die Lösung schnell vor sich gehen, dann nur dem Sättigungsdefizit entsprechend langsamer und später wird wegen der erfolgten Verdunstung des Wassers wieder Salz ausfallen; oder etwa so wie die Erwärmung eines Gefäßes mit kaltem Wasser, welches man in ein größeres mit warmem Wasser hineinstellt, während das letztere abkühlt; dann wird der Temperaturdifferenz entsprechend erst die Temperatur innen steigen, später wieder fallen.

Auf den Muskel übertragen heißt dies: erst steigt die Verkürzungskurve schnell an, dann langsamer, erreicht einen Gipfel und fällt allmählich wieder ab, und zwar später recht langsam (= Verkürzungsrückstand); in der Tat nimmt die Zuckungskurve diesen Verlauf. Auffällig ist dabei das Unzweckmäßige, Unökonomische des Vorganges, indem die vorhandene Milchsäure für die Entwicklung von Kraft gar nicht ausgenutzt wird, da ihr Verbrauch sofort nach ihrer Entstehung, schon während der Zuckung selbst einsetzt. Aber eine solche Einzelzuckung am Muskel ist nur ein Laboratoriumsexperiment, während der Körper immer mit tetanischen Erregungen arbeitet, d. h. mit vielen sich schnell folgenden Reizen: dann wird gradesoviel Milchsäure zer-

setzt, wie der Muskel in der Zeiteinheit an Milchsäuremutter-
substanz bildet, und die Milchsäure auf dem größtmöglichen
Niveau eine Zeit lang gehalten, freilich unter einer Höchstleistung
des Stoffwechsels; daher fällt die tetanische Zuckung so viel
höher aus, erschöpft aber die Kräfte des Muskels weit mehr.
Außer diesem Vorgang gibt es noch eine Dauerkontraktion, z. B.
bei der Tätigkeit des Schließmuskels der Muschelschalen; eine
solche Kontraktur verläuft ohne Stoffverbrauch und ohne die
elektrischen Erscheinungen, welche sonst der Muskel bei seiner
Tätigkeit bewirkt. Dort fehlt offenbar der
Verbrauch der Milchsäure durch Rückbildung
derselben zur Muttersubstanz, und der
zusammengezogene Muskel gleicht einem
elastischen Band, welches unter dem Ein-
fluß der einmal entwickelten und bestehen
bleibenden Milchsäure eine neue Elastizität
aufweist.

Zuckungskurve: x nach $\frac{1}{2}$, nach 1, nach $1\frac{1}{2}$
u. s. w., bei $L = 10$; $c = 1$; $K = \frac{1}{2}$: 1,72—2,53
—2,49—2,32—2,04—1,73—1,43—1,17—0,95—0,76.
Ohne Verbrauch der Milchsäure: 2,22—3,94—5,28
—6,33—7,14—7,72—8,27—8,65—8,95—9,18.



Einzelzuckung
mit u. ohne Verbrauch
der Milchsäure.

II. Wiederaufbau der Milchsäuremuttersubstanz bei der Muskeltätigkeit und dem Herzschlage.

Aber es gibt einen Fall, wo der Organismus dauernd mit
Einzelzuckungen arbeitet; dies ist der Herzschlag. Wenn wir
den Vorgang der Einzelzuckung ökonomischer gestalten wollten,
so würden wir den Verbrauch der Milchsäure hinausschieben, sie
nicht so schnell in ihre Vorstufe wieder zurüchführen, dann
würden wir einerseits die einmal entwickelte Milchsäure besser
ausnutzen, andererseits aber für eine neue Beanspruchung des
Muskels nicht so schnell wieder Milchsäuremuttersubstanz bereit
halten, sodaß ein dem ersten Reiz schnell folgender zweiter Reiz
(oder gar eine tetanische Reizfolge) nur ungenügende Mengen
von Milchsäuremuttersubstanz vorfinden würde, oder gar keine,
die er zu Milchsäure zersetzen könnte. So arbeitet das Herz.
Es vermeidet den unzweckmäßig raschen Verbrauch der Milch-
säure, der *causa movens*, hat aber kurz nach Beginn seiner
Zuckung für einen neuen Reiz noch keine Milchsäuremutter-
substanz in Bereitschaft, ist refraktär einem neuen Reiz gegen-
über und bildet erst nach Erreichen des Gipfels allmählich stei-
gende Mengen davon, sodaß ein künstlicher Reiz immer größere

Extrazuckungen auslöst, je später er nach dem Gipfel das Herz trifft. Gleichzeitig erweist sich ein immer schwächerer Reiz wirksam, und man spricht von einem Stadium der zunehmenden Erregbarkeit, während man das erste Stadium die absolut refraktäre Phase des Herzens nennt, in der auch der stärkste elektrische Reiz unbeantwortet bleibt. Daher scheint die Erregbarkeit des Herzens von der Menge der angehäuften potentiellen Energie, von der Menge Milchsäuremuttersubstanz abhängig zu sein; je mehr Milchsäuremuttersubstanz schon aufgestapelt ist, ein desto schwächerer Reiz genügt, um sie zu zersetzen, und desto höher werden auch die Zusammenziehungen des Herzens. Es findet also Hand in Hand gehend eine allmähliche Zunahme der Erregbarkeit und der Kontraktilität statt, beruhend auf der zunehmenden Menge der Milchsäurevorstufe.

III. Verlauf des Wiederaufbaus der Milchsäuremuttersubstanz.

Wenn wir rechnerisch den Wiederaufbau verfolgen wollen, so können wir dies nur angenähert, deswegen, weil wir über die chemischen Umsetzungen nicht unterrichtet sind; also z. B. nicht darüber, wieviel Moleküle sich an der Reaktion beteiligen. Wohl aber wissen wir ihre Bedeutung dem Sinne nach, welche Vorgänge fördernd und welche hemmend wirken. Und wir können uns ein Bild von dem Wiederaufbau machen, indem wir annehmen, daß der Wiederaufbau selbst und die energieliefernden Oxydationen und ihre Hemmungen so eng gekoppelt wären, als sei es eine Reaktion. Dann ist die Gesamtgeschwindigkeit gleich der Differenz der Geschwindigkeiten der beiden entgegengesetzt verlaufenden Reaktionen, so wie bei einer unvollständig verlaufenden Reaktion. Jede einzelne Reaktionsgeschwindigkeit ist proportional dem Produkt aus den Konzentrationen der daran beteiligten Moleküle; hier kennen wir häufig nur eine Sorte und wissen über den Partner nichts. Und so können wir unsere Ableitungen nur dem Sinne nach zutreffend betrachten, nicht aber der Größe nach, d. h. wenn wir die Milchsäuremuttersubstanz größer finden als vorher, so trifft dies zu, aber die Zunahme kann in Wirklichkeit größer oder kleiner sein als die errechnete. Eine zweite Einschränkung müssen wir machen: die Koppelung ist zu eng, da wir alle Vorgänge in eine reversibel verlaufende Reaktion zusammenfassen. Wenn wir also anfangs negative Werte für die Milchsäuremuttersubstanz finden, so würden zu dieser Zeit die Oxydationen in umgekehrter Richtung verlaufen wollen, also selbst Energie verbrauchen und nicht liefern; dies

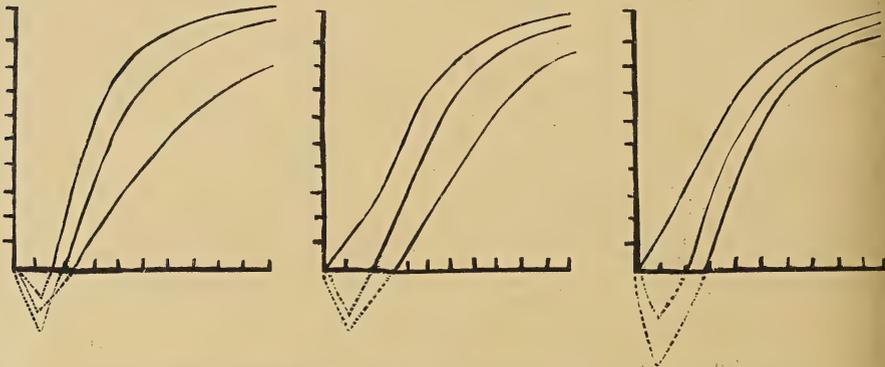
heißt aber, daß der Aufbau noch gar nicht in Gang gekommen ist, weil noch keine Oxydationen vor sich gehen, welche die Energie dazu liefern müssen. Bei diesen Einschränkungen ist aber der Gebrauch eines Reaktionsschemas ohne Bedenken, und er wird uns eine Reihe von Erscheinungen abzuleiten gestatten, welche sonst einer Erklärung unzugänglich sind. — Wir verfolgen also den Wiederaufbau der Milchsäuremuttersubstanz so, als handele es sich um eine Reaktion, bei der wir alle unbekanntes Molekülkonzentrationen in der Geschwindigkeitskonstanten mit zusammenfassen. Der Wiederaufbau wird nun schnell von statten gehen, wenn viel Milchsäure da ist, langsamer, wenn schon viel Milchsäure zu der Muttersubstanz aufgebaut ist. Es wird also die Geschwindigkeit des Aufbaus, die in der kleinen Zeit dt aufgebaute Menge dx , dividiert durch diese Zeit, also dx/dt gleich einer Geschwindigkeitskonstanten sein, gleich K_1 mal der noch nicht aufgebauten Menge des verfügbaren Gesamtmaterials, also gleich $K_1(G-x)$. Ich³ habe früher gezeigt, daß jede Kontraktion eine Schädigung der folgenden zurückläßt, die um so größer ist, als die Zuckung war. Da aber die Entladung kein oxydativer Vorgang ist, der Schlacken für die folgende Oxydation zurückließe, so muß das Bindeglied erst festgestellt werden, ehe von einer Hemmung gesprochen werden darf: dies ist die durch die Milchsäure in Freiheit gesetzte Kohlensäure, welche als Abbauprodukt der Verbrennungen die Oxydationen hemmt. Wir müssen also als hemmend die CO_2 der vorigen Zuckung, d. h. einen der Milchsäuremenge der vorigen Zuckung entsprechenden Betrag einsetzen, und wir tun dies in der Weise, daß wir wie bei einer nur unvollständig verlaufenden Reaktion die Geschwindigkeit der entgegengesetzt verlaufenden Reaktion von der ersten abziehen; wir vermindern also unsere oben definierte Geschwindigkeit um die der entgegengesetzt verlaufenden Reaktion, welche proportional der CO_2 -Konzentration ist, also gleich K_2 mal H ($=$ Höhe der vorhergehenden Zuckung). Diese CO_2 nimmt nun durch Abdiffundieren ins Blut hinein ab und zwar wohl entsprechend ihrer Menge, sodaß also jeweils He^{-mt} vorhanden ist, wenn m eine Konstante und t die Zeit bedeutet. Die Gleichung für die Geschwindigkeit des Wiederaufbaus lautet also $dx/dt = K_1(G-x) - K_2He^{-mt}$ oder integriert:

$$x = G(1 - e^{-K_1t}) - \frac{K_2H}{K_1 - m}(e^{-mt} - e^{-K_1t}).$$

Bei dem Herzschlage, der immer zur Zeit 5 erfolgen möge, berechnen wir dann immer wieder von neuem die Milchsäuremuttersubstanz z. Z. 5.

Wir nehmen als normal für den Herzschlag an: $G = 10$; $K_1 = 0,75$; $K_2 = 2$; $m = 0,5$. Die Größe H , die von der Zuckung zurückbleibende CO_2 , muß bei gleichmäßigen Herzschlägen dauernd nach der Zeit 5 dieselbe Größe haben; sie setzt sich zusammen aus der Menge Milchsäure der vorhergehenden Zuckung (in entsprechendem Maße gemessen) und der CO_2 , die noch von der zweitfrüheren Zuckung zurückblieb. In unserem Beispiel ist x z. Z. 5 gleich 6,45; dies ist also die Menge Milchsäuremuttersubstanz für den Herzschlag. Diese Zahl gibt auch die Menge freiwerdender CO_2 an, sie muß vergrößert werden um die noch nicht abdiffundierte CO_2 dieser Periode, in unserem Falle um 7,03 mal $e^{-5 \cdot 0,5}$, also um 0,58; dies ergibt $6,45 + 0,58 = 7,03$. Setzt man diese Zahl für H in unsere Gleichung ein, so wird x z. Z. 5 gleich 6,45; wir haben also dann eine gleichmäßige Folge von Herzschlägen (was ausprobiert wurde).

Der Verlauf, den eine solche Kurve nimmt, ist der, daß anfangs die Werte für x negativ sind, d. h. wie wir sahen, daß der Aufbau noch nicht in Gang gekommen ist (= absolut refraktäre Phase des Herzens); dann steigt sie schnell in die Höhe (= Stadium der zunehmenden Erregbarkeit), um dann nach der Horizontalen umzubiegen, also sehr wenig zu steigen. Verändert man nun die Konstanten, so erhält man verschiedene Kurven, und zwar steigen sie schneller, wenn die fördernden Prozesse größer werden, langsamer, wenn z. B. die CO_2 größer wird oder schlechter abdiffundiert.



Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz bei wechselnder
Abdiffusion der CO_2 Aufbaugeschwindigkeit Oxydation

Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz: $x = (z. Z. 1, 2 \text{ u. s. f.})$ bei wechselnden Konstanten. Normal: $G = 10$; $K_1 = 0,75$; $K_2 = 2$; $m = 0,5$; $-2,36$; $-0,38$; $+2,31$; $+4,27$; $6,45$; $7,70$; $8,54$; $9,08$; $9,44$; $9,66$. ($H = 7,03$ bei Reiz im Intervall 5 konstant.) Bei verschiedenem m : $m = 0,25$: $-1,50$; $-0,69$; $+0,95$; $+2,48$; $3,94$; $5,21$; $6,24$; $7,05$; $7,68$; $8,19$. ($H = 5,52$ bei Reiz im Intervall 5 konstant). — $-m = 1,0$: $-2,09$; $+1,69$; $+5,15$; $7,29$; $8,59$; $9,27$; $9,60$; $9,84$; $10,00$; $10,00$. ($H = 8,64$ bei Reiz im Intervall 5 konstant.) — Bei wechselndem K_1 : $K_1 = 0,4$: $-2,29$; $-1,83$; $-0,12$; $+2,12$; $+4,02$; $5,51$; $6,58$; $7,58$; $8,24$; $8,77$. ($H = 4,37$ bei Reiz im Intervall 5

konstant). — $-K_1 = 1,6; +2,79; +5,11; 6,23; 8,02; 8,72; 9,20; 9,50; 9,69; 9,81; 9,90.$ ($H = 9,5$ bei Reiz im Intervall 5 konstant). — Bei wechselndem K_2 : $K_2 = 1: +0,75; +2,86; 4,96; 6,62; 7,77; 8,57; 9,10; 9,44; 9,66; 9,80.$ ($H = 8,46$ bei Reiz im Intervall 5 konstant.) — $-K_2 = 3; -4,19; -2,67; +0,45; +3,38; 5,52; 6,97; 8,15; 8,83; 9,28; 9,57.$ ($H = 6,00$ bei Reiz im Intervall 5 konstant).

Und doch ist der allgemeine Charakter verschieden, je nach der Größe, welche variiert: bei verschiedener Abdiffusion der CO_2 schneiden sie fast gleichzeitig die Nulllinie und streben dann auseinander, bei verschiedener Stärke der Oxydationen streben sie von verschiedenen Schnittpunkten mit der Nulllinie nach einem Punkte zusammen und bei verschiedener Aufbaugeschwindigkeit laufen sie ungefähr parallel gegeneinander verschoben. Es ist also die Steilheit des Anstieges ganz verschieden, je nach der Größe, welche variiert, ein Verhalten, welches uns später noch bei der autonomen Reizbildung beschäftigen wird. Bei sehr schnellem Aufbau fehlt auch der negative, unter der Nulllinie liegende Teil der Kurve, sie steigt gleich von der Zeit 0 an in die Höhe; dies würde das Verhalten des willkürlichen Muskels wiedergeben, bei dem eine Refraktärzeit fehlt.

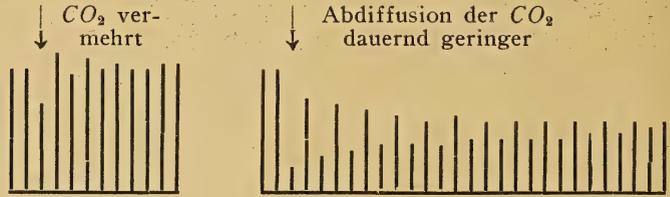
IV. Änderungen der Herztätigkeit durch rechnerische Änderungen der Stoffwechselforgänge.

Sollen immer gleich große Herzschläge aufeinander folgen, so muß die Menge CO_2 , also die Höhe der Zuckung + restierender (noch nicht abdiffundierter) CO_2 immer nach der Zeit 5 gleich groß sein und abgestimmt auf die Größe der Zuckung. Es handelt sich also bei einem Dauerzustand um ein wohlabgewogenes Gleichgewicht. Wird nun der Herzschlag dauernd gefährdet, wenn plötzlich einmal aus irgend einem Grunde viel Kohlensäure vorhanden ist? Wir setzen in einer Reihe regelmäßiger Herzschläge plötzlich in unserer Gleichung die CO_2 -Menge statt 7,03 etwa gleich 10 und berechnen nun die folgenden Herzschläge, indem wir immer in Perioden von der Zeit 5 die Größe x aus aus den sich fortlaufend ergebenden Zahlen berechnen.

Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz in Intervallen von der Zeit 5 (Konstanten: $G = 10; K_1 = 0,75; K_2 = 2; m = 0,5$): 6,45; 6,45; jetzt CO_2 plötzlich = 10; Milchsäuremuttersubstanz dann: 5,05; 7,00; 6,24; 6,54; 6,42; 6,47; 6,44; 6,46; 6,45; 6,45.

Der nächste Herzschlag nach der Kohlensäurevermehrung ist also abnorm klein, der zweite etwas größer als der normale und bald ist der alte Dauerzustand wieder erreicht: das Herz pendelt sich auf sein altes Niveau wieder ein. Dieser Pulsus alternans kommt dadurch zustande, daß der abnorm kleine Herzschlag auch

sehr kleine Mengen von CO_2 hinterläßt, die den zweiten Schlag nach der Störung schädigen, und zwar in abnorm geringem Grade, sodaß er größer wird als ein normaler. Dasselbe geschieht, wenn wir plötzlich die Menge CO_2 vermindern, nur ist jetzt der erste Herzschlag nach der Störung abnorm groß und der zweite abnorm klein.



Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz bei plötzlicher Verminderung der CO_2 (Konstanten: $G = 10$; $K_1 = 0,75$; $K_2 = 2$; $m = 0,5$; Intervall 5): 6,45; 6,45; jetzt statt 7,03 gleich 5; Milchsäuremuttersubstanz: 7,41; 6,09; 6,64; 6,38; 6,48; 6,44; 6,46; 6,45.

Es besitzt also das Herz in seinen Stoffwechselfvorgängen eine Selbstregulierung: unter abwechselnd großen und kleinen Pulsen erreicht es wieder seinen alten Dauerzustand. Und bei der tatsächlichen Beobachtung finden wir diese errechneten Verhältnisse wieder: es tritt Pulsus alternans sehr häufig im Übergangsstadium auf. Diese Verhältnisse wiederholen sich nun immer wieder, wenn wir die Abdiffusion, also m ändern, oder die Größe der Oxydationen (K_2), nur daß bei einer dauernden Änderung einer Konstanten nicht das alte Niveau der Herzschläge wieder erreicht wird, sondern ein neues dauernd innegehaltenes, und das Pendeln erfolgt um die neue Gleichgewichtslage.

Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz bei wechselndem m (Konstanten: $G = 10$; $K_1 = 0,75$; $K_2 = 2$; $m = 0,5$): 6,45; 6,45; jetzt $m = 0,3$: 3,58; 5,20; 4,13; 4,80; 4,41; 4,66; 4,50; 4,60; 4,53; 4,60; 4,53. — m wird größer: 6,45; 6,45; jetzt $m = 1,0$: 8,81; 8,57; 8,60; 8,59; 8,59; 8,59. — m wird sehr klein: 6,45; 6,45; jetzt $m = 0,2$: 1,46; 4,88; 1,84; 4,54; 2,16; 4,26; 2,40; 4,05; 2,58; 3,89; 2,72; 3,76; 2,85; 3,65; 2,94; 3,56; 3,02; 3,49; 3,09; 3,44; 3,12; 3,41; 3,15; 3,39; 3,16; 3,37. — K_1 nimmt zu: 6,45; 6,45; jetzt $K_1 = 1,0$: 7,80; 7,45; 7,47; 7,47. — K_1 wird kleiner: 6,45; 6,45; jetzt $K_1 = 0,6$: 5,04; 5,86; 5,41; 5,66; 5,51; 5,61; 5,55; 5,58; 5,56; 5,57; 5,57. — K_2 nimmt ab: 6,45; 6,45; jetzt $K_2 = 1$: 8,11; 7,72; 7,78; 7,77; 7,77. — K_2 nimmt zu: 6,45; 6,45; jetzt $K_2 = 3$: 5,87; 5,23; 5,69; 5,41; 5,58; 5,47; 5,54; 5,50; 5,53; 5,51; 5,52; 5,52. — K_2 nimmt stark zu: 6,45; 6,45; jetzt $K_2 = 5$: 1,47; 7,35; 1,01; 7,86; 0,34; 8,59; — — — Änderung des Intervalles: 6,45; 6,45; jetzt Intervall = 4: 4,27; 5,95; 4,98; 5,50; 5,22; 5,37; 5,29; 5,33; 5,31; 5,32; 5,32. — — 6,45; 6,45; jetzt Intervall gleich 7: 8,54; 8,20; 8,26; 8,25; 8,25.

Etwas Neues bemerken wir aber bei starker Einschränkung der Oxydationen ($K_2 = 5$), es wird der Unterschied der beiden

aufeinander folgenden Herzschläge nicht immer kleiner, sondern der kleinere Herzschlag nimmt immer mehr ab, bis er schließlich verschwindet; wir begegnen solchen Verhältnissen z. B. bei der Digitalisvergiftung, wo häufig jeder zweite Herzschlag dauernd kleiner wird, bis er ausfällt, und nun Frequenzhalbierung eingetreten ist. Das Auftreten von Pulsus alternans bei Frequenzvermehrung (also Herabsetzen des Intervalles) hat Hofmann⁴ beschrieben, auch in der tatsächlichen Beobachtung stellte sich nach einem vorübergehenden Wechsel der Zuckungshöhen ein neues Niveau ein, ganz so wie hier in der Rechnung.

V. Die Erscheinungen am Herzen.

1. Refraktärzeit und Frequenzhalbierung, Frequenzdrittelerung u. s. f.

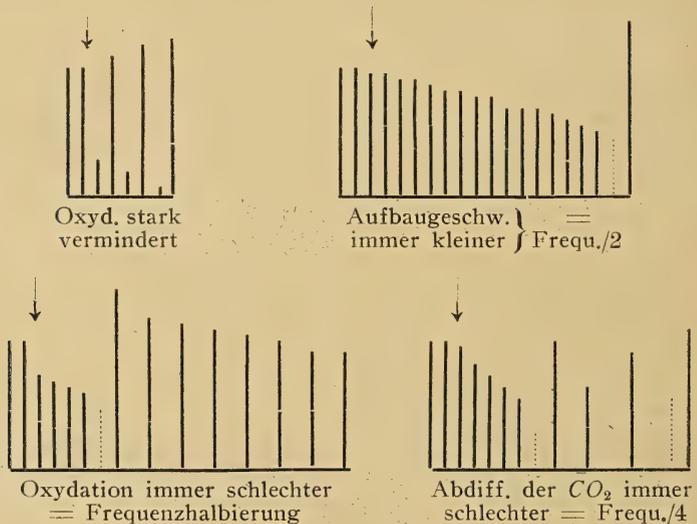
Das Vorhandensein einer Refraktärzeit ging schon oben aus dem Verlauf der Kurven des Wiederaufbaus hervor. Wird nun durch einen Stoff der Wiederaufbau der potentiellen Energie geschädigt, der Wiederaufbau der Milchsäuremuttersubstanz verzögert, so rücken die Kurven des Aufbaus nach rechts, erheben sich später über die Nulllinie, sodaß die absolut refraktäre Phase des Herzens verlängert ist; aber auch danach ist gegen die Norm noch weniger Muttersubstanz zur gleichen Zeit nach dem Beginn des Herzschlages gebildet, sodaß ein Reiz, der früher wirksam war, in derselben Phase der Herztätigkeit nun unwirksam sein kann. Für die Antiarinvergiftung hat Straub⁵ gezeigt, daß durch eine solche Beeinträchtigung der Stapelung potentieller Energie und der dadurch bedingten Verlängerung der refraktären Phase in einem bestimmten Zeitpunkt der Vergiftung die Grenze des Intervalles zweier Reize überschritten wird, und nun jeder zweite vom Vorhof kommende Reiz in die refraktäre Periode der Kammer fällt und unbeantwortet bleibt = Frequenzhalbierung. Dabei müssen wir annehmen, daß der zugeleitete Reiz eine bestimmte Stärke aufweist (also einer bestimmten Menge Milchsäuremuttersubstanz entspricht), und zwar in der Norm etwas stärker ist als ein Schwellenreiz. Wir setzen ihn in unseren Rechnungen entsprechend einer Menge von Milchsäuremuttersubstanz von 3,5. Ist zur Zeit 5 die aufgestapelte Menge kleiner, so bleibt der Reiz unbeantwortet, der Herzschlag fällt aus; und es geht der Aufbau weiter, sodaß nach Eintritt der Frequenzhalbierung die einzelnen Herzschläge wieder größer werden. Eine solche Verlängerung der Refraktärzeit, eine solche Verzögerung des Wiederaufbaus, die wir bei der Digitalisvergiftung konstatieren, tritt in unseren Rechnungen sowohl bei Beeinträchtigung der Aufbaugeschwindigkeit selbst ein (Abnahme von K_1), wie auch bei Schädigung der

Oxydationen (Zunahme von K_2) wie auch bei Hemmung der Abdiffusion der CO_2 (Verkleinerung von m).

Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz bei abnehmenden K_1 (K_1 vorher in Klammer): (0,75) 6,45; (0,725) 6,29; (0,70) 6,13; (0,675) 5,99 (0,65) 5,86; (0,625) 5,67; (0,6) 5,54; (0,575) 5,25; (0,55) 5,22; (0,525) 4,95; (0,5) 4,86; (0,475) 4,53; (0,45) 4,39; (0,425) 4,01; (0,4) 3,99; (0,375) 3,56; (0,35) 3,51; (0,325) 2,97 (unterschwellig, fällt aus); (0,3) 8,58 (also z. Z. 10). — — (0,75) 6,45; (0,7) 6,04; (0,65) 5,82; (0,6) 5,43; (0,55) 5,08; (0,5) 4,58; (0,45) 4,31; (0,4) 3,65; (0,35) 3,37 (unterschwellig); (0,3) n. d. Z. 10: 7,72; (0,25) —; (0,2) 2,08 (unterschwellig); (0,15) n. d. Z. 15: 4,30; Bildung der Milchsäuremuttersubstanz hört dauernd auf;

bei zunehmendem K_2 (K_2 vorher in Klammer): (2) 6,45; (3) 4,79; (4) 4,70; (5) 3,70; (6) 3,94; (7) 2,70 (unterschw.); (8) 9,18; (9) —; (10) 7,79; (11) —; (12) 7,74; (13) —; (14) 7,38; (15) —; (16) 7,15; (17) —; (18) 6,89; (19) —; (20) 6,67; (21) —; (22) 6,46. — — — (2) 6,45; (5) 1,47 (unterschw.); (8) 8,65; (11) —; (14) 7,08; (17) —; (21) 6,41; (24) —; (27) 5,82; (30) —; (33) 5,36; (36) —; (39) 4,95; (41) —; (44) 4,74; (47) —; (50) 4,28; (53) —; (56) 4,12; (59) —; (62) 3,82; (65) —; (68) 3,73; (71) —; (74) 3,34 (unterschw.); (77) 9,41 (= Frequenzdrittelung);

bei dauernd abnehmendem m (m vorher in Klammer): (0,5) 6,45; (0,45) 6,41; (0,4) 5,19; (0,35) 5,13; (0,3) 4,26; (0,25) 3,84; (0,2) 1,68 (unterschw.); (0,2) 6,84 (0,15) —; (0,15) 3,74; (0,1) —; (0,1) 0,47 (unterschw.); (0,1) 6,19; (0,08) —; (0,08) —; (0,08) 3,31 (unterschw.); (0,08) 6,92 (bis Frequenzviertelung).



Aus diesen Beispielen ersieht man, daß nach Eintritt der Frequenzhalbierung die Pulse wieder größer werden, weil ein längerer Zeitraum (das Doppelte, also in unseren Rechnungen die Zeit 10) dem Aufbau zur Verfügung steht. Verfolgt man den Vorgang noch weiter, so tritt später Frequenzdrittelung u. s. f.

ein. Worauf aber im einzelnen eine solche Vergiftung beruht, können wir aus dem beobachteten Effekt, der Schädigung des Wiederaufbaus nicht erschließen, weil jede Art von Beeinträchtigung dieser Reaktion zu Frequenzhalbierung, -drittelung u. s. w. führt.

2. *Pulsus alternans.*

Den abwechselnd großen und kleinen Pulsen begegneten wir schon oben in verschiedenen Übergangsstadien und sahen immer vor Erreichen eines neuen Gleichgewichtes ein solches Alternieren der Herzschläge. Einen dauernden Pulsus alternans sah Hofmann⁴ bei abwechselnd großen und kleinen Reizpausen.

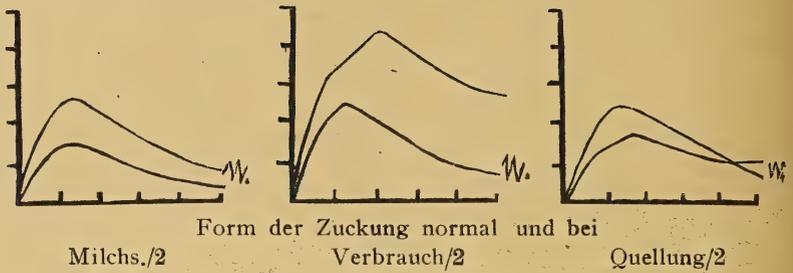
Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz bei abwechselnd großen und kleinen Reizintervallen (Reiz zur Zeit 5, abwechselnd mit z. Z. 4): 6,45; 4,27; 7,31; 4,24; 7,28; 4,26; 7,27; 4,26; 7,27; 4,26.

Die Durchrechnung eines solchen Falles gibt die tatsächlich beobachteten Verhältnisse wieder. Daß es auch andere Formen des Pulsus alternans gibt, die auf partiellen Kammerzusammenziehungen beruhen, sei nur nebenbei erwähnt; unsere Stoffwechselbetrachtungen können darüber natürlich keine Auskunft geben.

3. *Die Form der Kontraktion.*

Hofmann⁴ hat darauf aufmerksam gemacht, daß die Form der Zuckungskurve bei verschiedenen Schädigungen verschieden ausfällt, daß kleine Kontraktionen nicht immer das Abbild von großen sein müssen. Wenn wir in unserer (zuerst aufgestellten) Zuckungsgleichung die einzelnen Konstanten verändern, so können wir nicht nur den Verlauf großer und kleiner Zuckungen (großes und kleines L , also viel oder wenig Milchsäure) verfolgen, sondern auch den Einfluß des Verbrauches der Milchsäure zu dem Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz für den nächsten Herzschlag ersehen (wechselndes c). Wird der Wiederaufbau geschädigt, so wird während der Zuckung selbst die Milchsäure länger bestehen bleiben, und es resultiert nicht nur eine höhere, sondern auch eine gedehntere Zuckung. Und ebenso wird der Verlauf der Kontraktion geändert, wenn die Einstromungsgeschwindigkeit des Quellungswassers sich ändert: Ist diese Geschwindigkeit groß, so wird die Zuckung höher und kürzer; wird diese Geschwindigkeit geringer (K), so wird die Kontraktion niedriger und gedehnter.

Zuckungsverlauf (Konstanten: $L = 10$; $K = \frac{1}{2}$; $c = 1$) nach der Zeit $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$ u. s. f.: 1,72; 2,53; 2,49; 2,32; 2,04; 1,73; 1,43; 1,17; 0,95; 0,76; bei halbem L ($= 5$): 0,86; 1,27; 1,25; 1,16; 1,02; 0,87; 0,72; 0,59;



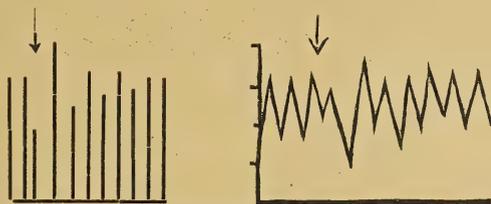
0,48; 0,38; bei halbem c ($= 0,4$): 2,05; 3,25; 3,85; 4,10; 4,10; 3,90; 3,65; 3,35; 3,00; 2,65; bei halbem K ($= 0,25$): 0,92; 1,37; 1,54; 1,62; 1,51; 1,41; 1,29; 1,16; 1,05, 0,93.

Mit anderen Worten: wenn eine Schädigung des Wiederaufbaus besteht, so wird zwar die dem Reiz zur Verfügung stehende Menge Muttersubstanz kleiner, aber da während der Zuckung auch der Verbrauch der Milchsäure verringert ist, so braucht nicht notgedrungen die Höhe der Zuckung zu leiden. Und ebenso drückt bei Zunahme der Wiederaufbaugeschwindigkeit dieser schnelle Verbrauch die Höhe der Zuckung herab, trotzdem der Reiz mehr Milchsäuremuttersubstanz aus der vorigen Periode des Aufbaus vorfand. Wir stellen also fest, daß eine Verbesserung des Aufbaus zwei entgegengesetzte Wirkungen auf die Zuckungshöhe entfaltet, eine Tatsache, die uns sogleich bei der Vaguswirkung noch beschäftigen wird. Ferner können wir uns die verschiedenen Formen des Zuckungsverlaufes des Herzens durch Änderung der Konstanten in unserer Zuckungsgleichung konstruieren.

4. Die Extrasystole.

Reizt man eine Herzkammer nach Ablauf der absolut refraktären Phase, so macht sie eine Extrazuckung, welche in der Norm niemals die Höhe der normalen Zuckung erreicht, trotzdem sie von einem höheren Nullpunkt ausgeht, und welche um so größer ausfällt, je später nach dem Beginn des Herzschlags der Reiz das Herz trifft. Wir können nun den Verlauf der Zuckung berechnen, wenn wir den Wert der Milchsäuremuttersubstanz nach verschiedenen Zeiten (etwa z. Z. 3 oder 4 bei unserem normalen Intervall von 5) in die Zuckungsgleichung einsetzen (+ der noch nicht verbrauchten Milchsäure des vorhergehenden normalen Herzschlages). Zur Zeit 3 bedeutet dabei die Extrasystole grade eine kleine Erhebung des Abfalles der Kurve. Z. Z. 4 ist die Extrazuckung schon deutlicher. Berechnen wir nun die Größe des folgenden Herzschlages, also die Menge Milchsäuremuttersubstanz

zur Zeit 2 oder 1, wo der normale Leitungsreiz vom Vorhof an der Kammer ankommt, so sind diese Werte unterschwellig, fallen also aus und erst der folgende Reiz, der nun z. Z. 7 oder 6 eintrifft, findet genügende, und zwar übergroße Mengen von Milchsäuremuttersubstanz vor. Wir erhalten also ein rechnerisches Bild von den tatsächlichen Beobachtungen, daß einer Extrasystole eine kompensatorische Pause folgt, und daß der nächste Herzschlag abnorm groß ist. Natürlich erfolgt dann wieder das Erreichen des normalen Niveaus unter Pulsus alternans.



Extrasystole z. Z. 4 (↓)
Milchs.-M.-S. u. -Verlauf.

Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz bei einer Extrasystole z. Z. 4: 6,45; 6,45; Extrasystole z. Z. 4: 4,27; nächster Reiz z. Z. 1; —; (z. Z. 1 + 5) 8,32; 5,72; 6,74; 6,34; 6,49; 6,43; 6,46; 6,45; 9,45. — Zuckungshöhe z. Z. $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$ u. s. f. bei $K = 0,5$ und $c = 0,4$ und einem Zuckungsrückstand von 1,8618 und bei Milchsäuremenge in Klammer: (6,45) 2,739; 3,192; 3,169; 3,323; 3,177; 2,921; 2,677; 2,412; 2,131; 1,8618; (neuer Herzschlag) (6,45) 2,739; 3,192; 3,169; 3,328; 3,177; 2,921; (Extrasystole) (4,27 + 1,30 [Rest]) 2,991; 3,243; 3,116; 3,169; 2,974; 2,710; 2,440; 2,292; 1,924; 1,674; (z. Z. 6) 1,2625; (nächster Herzschlag) (8,32) 26,46; 3,428; 3,550; 3,875; 3,772; 3,520; 3,255; 2,958; 2,629; 2,3083; (nächster Herzschlag) (5,72) 2,940; 3,229; 3,120; 3,192; 3,005; 2,746; 2,487; 2,228; 1,958; 1,7051; (nächster Herzschlag) (6,74) 2,675; 3,190; 3,198; 3,390; 3,251; 3,009; 2,755; 2,478; 2,171; 1,9259; (nächster Herzschlag) (6,34) 2,766; 3,196; 3,160; 3,306; 3,140; 2,902; 2,647; 2,384; 2,104; 1,8380; (nächster Herzschlag) (6,49) 2,728; 3,191; 3,172; 3,335; 3,187; 2,941; 2,687; 2,421; 2,140; 1,8706.

(Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz bei einer Extrasystole z. Z. 3; 6,45; Extras. z. Z. 3: 2,31; nächster Reiz z. Z. 2: 3,27 (unterschwellig, fällt aus) (z. Z. 2 + 5 = 7) 9,17; 5,38; 6,87; 6,29; 6,51; 6,43; 6,46; 6,45; 6,45.)

5. Superposition und Tetanus am Herzen.

Es gibt nun eine Anzahl von Fällen, in denen das Herz zu Superposition und Tetanus befähigt ist, d. h. sich den Eigenschaften des Skelettmuskels nähert, indem ein kurz dem ersten folgender zweiter Reiz schon so zeitig von der Herzkammer beantwortet wird, daß sich seine Zusammenziehung auf die noch nicht abgelaufene daraufsetzt und sich beide Zuckungen summieren. In gleicher Weise entsteht der Tetanus des Herzens. Es ist also

in solchen Fällen die absolut refraktäre Phase verkürzt, sodaß ein Reiz schon nahe dem Gipfel wirksam wird, oder ein späterer findet schon so große Mengen Muttersubstanz vor, daß die Zuckung, von einem höheren Nullpunkt ausgehend, einen höheren Gipfel erreicht als eine normale Kontraktion. In der Möglichkeit der Superposition haben wir also ein Zeichen für einen beschleunigten Aufbau zu erblicken. Danach bestehen zwischen Herzmuskel und Skelettmuskel nur quantitative Unterschiede im Wiederaufbau der Milchsäuremuttersubstanz. So führen Gifte, welche den Wiederaufbau schädigen, zu einem Bestehenbleiben der Milchsäure und daher auch der Kontraktion, am Herzen zu systolischem Stillstand und am willkürlichen Muskel zu langdauernden Kontraktionen, so die Digitaliskörper und Veratrin. Ein Stoff, welcher den Aufbau beschleunigt, wie der Kalk, hebt die Veratrinkontraktur am Muskel auf und führt am Herzen zu Superposition und Tetanus.

6. Vagusreiz.

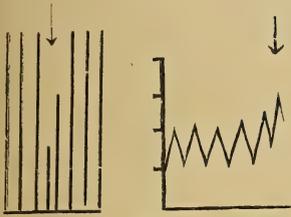
Bei Reizung des Nervus vagus werden die Herzschläge seltener und kleiner, bis sie schließlich ganz ausbleiben, dabei ist das Herz nicht gelähmt, sondern beantwortet einen künstlichen Reiz mit einer Zuckung. Es hat nur die Reizbildung, die wir vorläufig nicht besprechen wollen, gelitten und die Höhe der Zuckung. Gleichzeitig erlangt das Herz die Fähigkeit zu Superposition und Tetanus. Wir wissen jetzt, daß dies auf einen beschleunigten Wiederaufbau hindeutet, und daß bei einem solchen beschleunigten Wiederaufbau die Milchsäure sehr schnell verbraucht wird und deswegen die ablaufende Zuckung kleiner ausfällt. (Außerdem wird der Abfall steiler, und der diastolische Tonus sinkt.)

Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz, beschleunigt z. B. durch Förderung der Oxydationen (K_2 gleich 0,25 statt 2); Dauerzustand 9,18 ($H = 10,00$). Extrasystole z. Z. 3: 7,77; (nächste Zuckung z. Z. 2 ohne komp. Pause) 6,11; 9,35; 9,18; 9,18. — — Zuckungsverlauf: Zuckungsgröße z. Z. $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$ u. s. w. bei Zuckungsrückstand 0,7600: 2,183; 2,783; 2,645; 2,409; 2,090; 1,758; 1,444; 1,177; 0,951; 0,7600; (nächste Zuckung) 2,183; 2,783; 2,645; 2,409; 2,090; 1,758; Extras. z. Z. 3: Mutt.-S. 7,77 + 0,46 Milchsäurerest = 8,23) 2,783; 3,147; 2,879; 2,554; 2,182; u. s. w.

Die Systolen werden also kleiner und die in der Norm grade angedeutete Extrazuckung z. Z. 3 erreicht hier eine größere Höhe als die gewöhnliche Vagussystole.

7. Treppe.

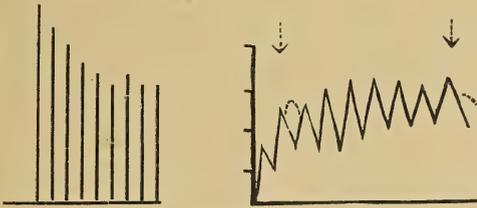
Beginnt nach längerem Stillstand ein Herz (oder auch ein willkürlicher Muskel) sich zu kontrahieren, so steigen die ersten



Vagusreiz m. E.-S. z. Z. 3
M.-M.-S. u. Verlauf.



Normale E.-S. z. Z. 3 (↓)
M.-M.-V. u. Verlauf.



Treppe
M.-M.-S. u. Verlauf m. 2 E.-S. z. Z. 3.

Zuckungen erst allmählich bis zur normalen Höhe an, gleichzeitig besteht beim Herzen die Möglichkeit der Superposition, und die Zuckungen verlaufen gedehnter. Wenn wir diese Erscheinungen aus Stoffwechselfvorgängen ableiten wollen, so müssen wir die Veränderungen nach längerer Ruhe betrachten: es wird erstens alle CO_2 abdiffundiert sein (dadurch fällt eine hemmende Komponente weg und der Aufbau geht schneller von statten, Superposition und Tetanus sind möglich); zweitens wird durch den außergewöhnlich schnellen Aufbau die Milchsäure rasch verbraucht und die Zuckungshöhe herabgedrückt; dem wirkt entgegen, daß wir annehmen müssen, daß nach längerer Zeit der Aufbau restlos erfolgt ist, daß die maximale Menge Muttersubstanz gebildet ist; viertens wird sich das sonst nur wenig hin und her pendelnde Quellungswasser gleichmäßig auf größere Strecken verteilt haben, wodurch die Quellungsgeschwindigkeit abgenommen hat. Dies bedingt einen gestreckteren Verlauf der Zuckung und eine geringere Höhe; es wird also trotz der großen Menge Muttersubstanz für die erste Zuckung diese wegen der langsamen Quellung und wegen des raschen Verbrauchs der Milchsäure niedriger als die Norm. Allmählich stellt sich dann alles auf das gewöhnliche Niveau ein.

Aufbau der Milchsäuremutter-substanz bei der Treppe (*m* in Klammer vor der Menge Muttersubstanz): 10,00; (1,0) 8,41; (0,9) 8,41; (0,8) 8,07; (0,7) 7,47; (0,6) 6,99; (0,5) 6,29; (0,5) 6,51; (0,5) 6,43; (0,5) 6,45. — Extrasystole z. Z. 3 nach Zuckung II; 4,66.

Zuckungsverlauf bei der Treppe: Zuckungshöhe zur Zeit 2 (größte Höhe) und z. Z. 5 (Anfang der nächsten); die Werte für K u. c davor in Klammer; die Menge Mutt.-S. s. oben: (0,25 u. 0,9) Anfang 0; 1,750 u. 1,060; (0,3 u. 0,8) 2,331 u. 1,103; (0,35 u. 0,7) 2,649 u. 1,403; (0,4 u. 0,6) 3,017 u. 1,561; (0,45 u. 0,5) 3,256 u. 1,710; (0,5 u. 0,4) 3,494 u. 1,993; (0,5 u. 0,4) 3,310 u. 1,830; u. s. w. — Extrasyst. z. Z. 3 nach Zuckung II; Anfang 2,109; Mutt.-S. 4,66 + 0,77 Rest = 5,43: (0,3 u. 0,8) z. Z. 1: 2,513 (Gipfel), also höher als vorherige Zuckung.

Es lassen sich also die Erscheinungen der Treppe aus den Veränderungen, welche ein Herz durch längere Ruhe erleiden muß, rechnerisch ableiten.

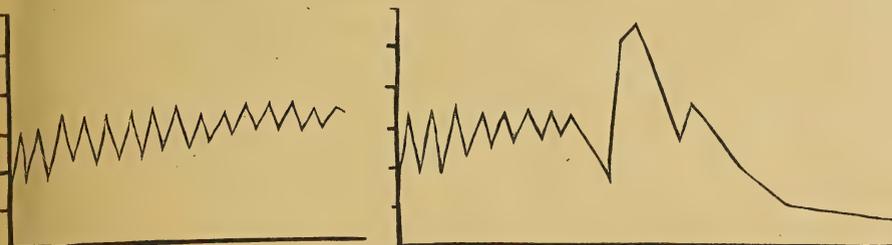
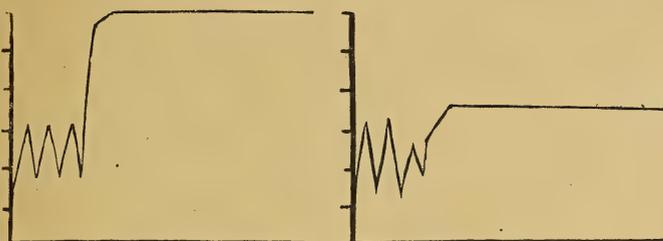
8. Der systolische Stillstand.

Das bekannteste Beispiel für den systolischen Herzstillstand ist die Digitalisvergiftung. Die dabei auftretende Frequenzhalbierung hat, wie wir sahen, Straub⁵ auf einen verschlechterten Aufbau zurückgeführt, und wir können den systolischen Stillstand ebenfalls durch diese Behinderung des Aufbaus der Milchsäure zu ihrer Vorstufe erklären. Hört plötzlich der Aufbau gänzlich auf, so bleibt die Milchsäure der letzten Zuckung bestehen, und es tritt eine Kontraktur auf, die weit höher als die gewöhnliche Zuckung ist, ein Bild, welches man bei der tatsächlichen Beobachtung der Digitaliswirkung das peitschenförmige Ansteigen der Kurve genannt hat. Meist bildet sich der systolische Stillstand als Rückstandskontraktur nach einer Reihe von Pulsen aus, und wir erhalten den rechnerischen Beleg für die Tatsache, daß der Stillstand in Systole sich bei rascher Vergiftung einstellt, bei langsamer aber das Herz mehr in erschlafte[m] Zustande seine Tätigkeit einstellt (z. B. bei Vergiftung von außen); weil bei allmählicher Behinderung des Aufbaus immer weniger Milchsäure für die schließliche Kontraktur vorhanden ist.

Beispiel I: Aufbau hört plötzlich auf; vorher immer 6,45 Mutt.-S.; Zuckungshöhe z. Z. 2 (Gipfel) u. 5 (Ende) jeden Herzschlages; c vorher in Klammer: ($M = 6,45$; $c = 0,4$) 3,328 (z. Z. 2) u. 1,862 (z. Z. 5); ($M = 6,45$; $c = 0,4$) 3,328 (z. Z. 2) u. 1,862 (z. Z. 5); ($M = 6,45$; $c = 0,001$, d. h. Aufbau hört auf) 4,759 (z. Z. 2) u. 6,057 (z. Z. 5) u. 6,377 (z. Z. 10) u. 6,147 (z. Z. 50).

Beispiel II: Aufbau (K_1 vorher in Klammer): (0,75) 6,45; (0,6) 4,00; (0,4) 3,80; (0,2) hört dauernd auf. — Zuckungshöhe z. Z. jeden Herzschlages: ($M = 6,45$; $c = 0,4$) 3,328 (z. Z. 2) u. 1,862 (z. Z. 5); ($M = 6,45$; $c = 0,4$) 3,328 (z. Z. 2) u. 1,862 (z. Z. 5); ($M = 4,00$; $c = 0,2$) 2,7113 (z. Z. 2) u. 1,927 (z. Z. 5); ($M = 3,80$; $c = 0,001$) 3,109 (z. Z. 2) u. 3,635 (z. Z. 5) u. 3,762 (z. Z. 10) u. 3,621 (z. Z. 50).

Beispiel III: Aufbau siehe Seite 56. — Zuckungshöhe z. Z. jeden Herzschlages: ($M = 6,45$; $c = 0,4$) 3,328 (z. Z. 2) u. 1,862 (z. Z. 5); ($M = 6,29$; $c = 0,375$) 3,325 (z. Z. 2) u. 1,939 (z. Z. 5); ($M = 6,13$; $c = 0,35$) 3,347



Aufhören des Aufbaus = Systolischer Stillstand bei schneller, diastolischer bei langsamer (von außen) Digitaliswirkung.

(z. Z. 2) u. 2,041 (z. Z. 5); ($M = 5,99$; $c = 0,325$) 3,385 (z. Z. 2) u. 2,132 (z. Z. 5); ($M = 5,86$; $c = 0,3$) 3,449 (z. Z. 2) u. 2,253 (z. Z. 5); ($M = 5,67$; $c = 0,275$) 3,462 (z. Z. 2) u. 2,325 (z. Z. 5); ($M = 5,54$; $c = 0,25$) 3,501 (z. Z. 2) u. 2,451 (z. Z. 5); ($M = 5,25$; $c = 0,225$) 3,488 (z. Z. 2) u. 2,511 (z. Z. 5); ($M = 5,22$; $c = 0,2$) 3,563 (z. Z. 2) u. 2,696 (z. Z. 5); ($M = 4,95$; $c = 0,175$) 3,554 (z. Z. 2) u. 2,771 (z. Z. 5); ($M = 4,86$; $c = 0,15$) 3,602 (z. Z. 2) u. 2,934 (z. Z. 5); ($M = 4,53$; $c = 0,125$) 3,559 (z. Z. 2) u. 2,977 (z. Z. 5); ($M = 4,39$; $c = 0,1$) 3,568 (z. Z. 2) u. 3,220 (z. Z. 5); ($M = 4,01$; $c = 0,075$) 3,471 (z. Z. 2) u. 3,011 (z. Z. 5); ($M = 3,99$; $c = 0,05$) 3,491 (z. Z. 2) u. 3,332 (z. Z. 5); ($M = 3,56$; $c = 0,025$) 3,412 (z. Z. 2) u. 3,267 (z. Z. 5).

Beispiel IV: Aufbau: Milchs.-Mutt.-S. (K_1 davor in Klammer): (0,75) 6,45; (0,7) 6,04; (0,65) 5,82; (0,6) 5,43; (0,55) 5,08; (0,5) 4,58; (0,45) 4,31; (0,4) 3,65; (0,35) 3,37 (unterschw.); (0,3) 7,72 (z. Z. 10); (0,25) —; (0,2) 2,80 z. Z. 10, unterschw.); (0,15) 4,30 (z. Z. 15); Bildung hört auf. — — Zuckungshöhe z. Z. des Herzschlages ($M = 6,45$; $c = 0,4$) 3,328 (z. Z. 2) u. 1,862 (z. Z. 5); ($M = 6,04$; $c = 0,35$) 3,281 (z. Z. 2) u. 2,007 (z. Z. 5); ($M = 5,82$; $c = 0,3$) 3,385 (z. Z. 2) u. 2,277 (z. Z. 5); ($M = 5,43$; $c = 0,25$) 3,431 (z. Z. 2) u. 2,413 (z. Z. 5); ($M = 5,08$; $c = 0,2$) 3,461 (z. Z. 2) u. 2,448 (z. Z. 5); ($M = 4,58$; $c = 0,15$) 3,344 (z. Z. 2) u. 2,742 (z. Z. 5); ($M = 4,31$; $c = 0,1$) 3,442 (z. Z. 2) u. 3,048 (z. Z. 5); ($M = 3,65$; $c = 0,09$) 3,260 (z. Z. 2) u. 2,725 (z. Z. 5) u. 1,799 (z. Z. 10, weil der nächste Schlag ausfällt); ($M = 7,72$; $c = 0,08$) 5,255 (z. Z. 2) u. 5,505 (z. Z. 5) u. 4,087 (z. Z. 10) u. 2,764 (z. Z. 15, weil die nächsten beiden Schläge ausfallen); ($M = 4,30$; $c = 0,07$) 3,526 (z. Z. 2) u. 3,336 (z. Z. 5) u. 2,524 (z. Z. 10) u. 1,750 (z. Z. 15) u. 1,225 (z. Z. 20) u. 0,146 (z. Z. 50, weil der Aufbau aufgehört hat).

9. Die autonome Reizbildung.

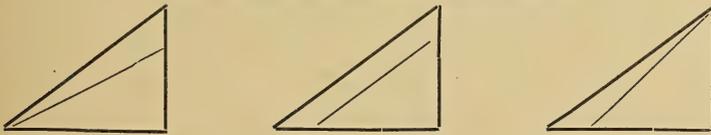
Die autonome Reizbildung, welche wir bisher von unserer Besprechung ausschlossen, kann zwar nicht von der Menge Milchsäuremuttersubstanz wie die Erregbarkeit und die Kontraktilität (und auch die Reizleitungsgeschwindigkeit) abhängig sein: — denn sonst gäbe es nur gleich große, verschieden schnelle Pulse —, muß aber in Zusammenhang mit den Stoffwechselfvorgängen stehen; dafür spricht einerseits die Entstehung des normalen Reizes an verschiedenen Stellen der venösen Ostien (gewissermaßen die Stelle löst den Reiz aus, die zuerst fertig ist), andererseits die autonome Reizbildung der Kammer, wenn ihr vom Vorhof keine Reize mehr zufließen. Hier sind wir auf Vermutungen angewiesen, und ich meine, man könnte die Reizentstehung auf die Steilheit der Kurve des Aufbaus zurückführen. Ist der Anstieg der Kurve wegen sehr schlechten Aufbaues gering, so bleiben die Herzschläge aus, trotzdem ein künstlicher Reiz noch Kontraktionen auslöst; aber auch wenn der Aufbau sehr schnell von statten geht, wenn sich die Kurve gleich vom Nullpunkt an über die Nulllinie erhebt, findet keine Reizbildung statt; hier fällt die größte Steilheit in den Anfang, wo erst wenig Milchsäuremuttersubstanz gebildet ist, und später steigt die Kurve nur noch wenig. Wir haben die Verhältnisse der starken Vagusreizung und die des willkürlichen Muskels vor uns. Wenn solche Überlegungen richtig sind, so muß auch der Skelettmuskel autonome Reize bilden, wenn man seinen Aufbau der Milchsäurevorstufe verlangsamt: unter Veratrin und Biedermann'scher Lösung bleiben nicht nur die Zusammenziehungen wegen des geringen Verbrauchs der Milchsäure lange bestehen, sondern im abfallenden Teil der Kurze — während der Rückverwandlung der Milchsäure in ihre Muttersubstanz — bildet der Muskel neue Reize; beides, die verlangsamte Erschlaffung und die neue spontane Zuckung bleiben aus, wenn man jetzt den Aufbau durch Kalk (der am Herzen Superposition möglich macht), beschleunigt. Daß nicht jede Änderung des Stoffwechsels zu Änderungen der Frequenz der Herzschläge führt, liegt an dem verschiedenen Verhalten der Kurven je nach dem Teilvorgange, welcher die Änderung bedingt, und ich machte anfangs darauf aufmerksam, daß bei schließlich gleicher Änderung des Stoffwechseleffektes einmal die Kurven von einem Punkte ausgehend auseinanderstreben, das andere Mal von verschiedenen Schnittpunkten mit der Nulllinie nach einem Punkte streben und endlich auch annähernd parallel verlaufen können; so kann es bei Beschleunigung oder Verschlechterung des Aufbaus zu Änderungen in der Frequenz kommen oder nicht, je nach dem Einfluß auf die Steilheit des Anstieges. — Sind

die Stoffwechselforgänge so langsam, daß die Aufbaugeschwindigkeit für gewöhnlich immer unerschwellig bleibt, so scheint ein Nervensystem die Reizbildung zu übernehmen, wie beim glatten Muskel.

10. *Refraktäres Verhalten der autonom schlagenden Kammer gegenüber dem Vagusreiz und gegenüber Giften.*

Bei der Reizbildung scheinen die venösen Ostien und der Vorhof die empfindlichsten Stellen zu sein, während die Kammer träger in Aktion gerät; so hat der autonom schlagende Ventrikel eine geringere Frequenz. Wenn wir uns die durchschnittliche Steilheit der Kurve des Aufbaus einzeichnen, so erhalten wir Dreiecke, welche — rechts unten rechtwinklig — verschiedene

Steilheit des Aufbaus = Reizbildung.



versch. CO_2 -Diff.

versch. Aufbau

versch. Oxydat.

Lagen der Hypothenuse haben; bei Stoffwechseländerungen beginnt die Hypothenuse links unten zeitiger oder sie erreicht rechts oben einen höheren Punkt oder umgekehrt. Alle diese Unterschiede werden geringer ausfallen, je länger die Dreiecke an sich schon nach rechts ausgedehnt sind, je später das Gebilde mit Reizbildung auf den Anstieg reagiert; da macht denn ein etwas zeitigeres Erheben über die Nulllinie oder ein etwas höheres Erheben am Schluß rechts oben wenig für die Steilheit aus. Der trägere, später reagierende Herzteil ist unempfindlicher gegen kleine Änderungen der Aufbaugeschwindigkeit, Beschleunigung oder Verzögerung des Aufbaus durch Vagusreiz oder Gifte ändern die Frequenz der autonom schlagenden Kammer nur wenig.

Schluß.

Diese Darstellungen gehen also von der Vorstellung aus, daß die Kontraktionssubstanz, die Milchsäure, immer wieder zu ihrer Muttersubstanz aufgebaut wird. Als neu wird angenommen, daß erstens dieser Aufbau sofort nach dem Freiwerden der Milchsäure durch den Reiz, also schon zur Zeit der Zuckung selbst

beginnt, und zweitens von jeder Zuckung hemmende Produkte in Gestalt der freiwerdenden CO_2 zurückbleiben. Nach diesen Annahmen lassen sich zwei Gleichungen — eine des Zuckungsverlaufs und eine des Wiederaufbaus — bilden, welche uns dem Sinne nach die Verhältnisse wiedergeben, die uns die tatsächlichen Beobachtungen unter vielen Bedingungen zeigen, sodaß die Vorgänge nach einem ähnlichen Reaktionsschema verlaufen müssen. (Über die chemischen Komponenten u. ä. sagt natürlich eine solche Übereinstimmung nichts aus.)

Dieser erste Versuch, die Erscheinungen am willkürlichen Muskel und am Herzen von Stoffwechselfvorgängen abzuleiten, kann notwendigerweise nur in großen Zügen ein so weites Gebiet erfassen, und es werden nicht nur viele spezielle Dinge näher zu beschreiben sein, sondern auch mancherlei Korrekturen nötig werden. So viel aber werden diese Betrachtungen gezeigt haben, daß sich die Haupterscheinungen — in ihrem Verlauf — von diesem Gesichtspunkt aus ungezwungen erklären lassen, und daß uns die vielleicht zunächst etwas aussichtslos erscheinende rechnerische Behandlung eine Menge Einzelheiten erschlossen hat, sodaß der beschrittene Weg in der allgemeinen Richtung der Erkenntnis zu liegen scheint.

Literatur.

1. A. W. Hill; Die Beziehungen zwischen der Wärmebildung und der im Muskel stattfindenden chemischen Prozessen. Erg. d. Physiol. 15. Jahrg. 1916. S. 340.
2. O. von Fürth: Die Kolloidchemie des Muskels und ihre Beziehungen zu den Problemen der Kontraktion und der Starre. Erg. d. Physiol. 17. Jahrg. 1919. S. 363.
3. E. Frey: Die Wirkung des Strychnins auf die Refraktärperiode und die Überleitungszeit des Froschherzens. Arch. f. exp. Path. u. Pharm.
4. F. B. Hofmann: Über die Änderungen des Kontraktionsablaufes am Ventrikel und Vorhofs des Froschherzens bei Frequenzänderung und im hypodynamen Zustande. Pflüg. Arch. 84. 130. 1901.
5. W. Straub: Über die Wirkung des Antiarins an ausgeschnittenen spongierten Froschherzen. Arch. f. exp. Path. u. Pharm. 45. 346. 1901.

Eingegangen am 14. 5. 20.

Herr E. Korschelt sprach:

Ueber Lebensdauer und Altern bei Copepoden und Ostracoden

(nach Untersuchungen von Frl. Dr. E. Walter u. Dr. E. Schreiber.)

Die wissenschaftliche Anteilnahme an der Frage nach der Lebensdauer der Tiere wurde in der Hauptsache durch Weismann's auf der Salzburger Naturforscher-Versammlung im Jahre 1881 gehaltenen Vortrag¹⁾ erweckt. Außer der allgemeinen Behandlung der Frage gab er darin eine Zusammenstellung der ihm über die Lebensdauer der Tiere erreichbaren Angaben. Daß seine Anregung allerdings auf einen besonders guten Boden gefallen sei, kann man kaum sagen, denn als ich genau 25 Jahre später auf einer gut besuchten Versammlung der Deutschen Zoologischen Gesellschaft bei Gelegenheit einer Besprechung meiner experimentellen Untersuchungen an Regenwürmern einige Mitteilungen über die Lebensdauer dieser und anderer wirbellosen Tiere machte²⁾, erwies sich die Kenntnis dieser gewiß nicht uninteressanten biologischen Verhältnisse als keine sehr tiefgründige. Man zeigte sich einigermaßen überrascht darüber, daß Regenwürmer 10 Jahre alt, wahrscheinlich aber noch älter werden und daß andere wirbellose Tiere ein bedeutend höheres Alter erlangen, Seerosen z. B. 15, 20, 25, 50 ja über 60 Jahre alt werden. Im Anschluß an diese Mitteilungen entspann sich damals eine lebhaftere Diskussion, bei der wie auch nachher brieflich in dankenswerter Weise eine ganze Anzahl mehr oder weniger begründeter Angaben über die Lebensdauer verschiedener Tiere gemacht wurden. Aber wenn meine zwar längst geplante, jedoch wieder erst 10 Jahre später zur Ausführung gelangte Zusammenstellung der Lebensdauer der Tiere³⁾ etwas eingehender ausfiel als die von Weismann, so lag das im ganzen mehr daran, daß seine Angaben mit großem Vorteil zur Weiterführung benutzt werden konnten und daß seitdem doch ein recht erheblicher Zeitraum vergangen war, als daß die Frage in irgendwie systematischer Weise gefördert worden wäre. Die Ursache hiervon liegt darin, daß wie die über 10 Jahre hinausgehenden Beobachtungen an Lumbriciden zeigen, derartige Feststellungen recht langwierig, aber (wegen der damit verbundenen Pflege der Tiere) auch sehr zeitraubend sind und insofern

1) A. Weismann, die Lebensdauer der Tiere, Jena 1882.

2) Versuche an Lumbriciden und deren Lebensdauer im Vergleich mit anderen wirbellosen Tieren, Verhandl. der D. Zool. Ges. XVI, 1906.

3) Lebensdauer, Altern und Tod, Jena 1917.

einen ziemlich großen Aufwand von Geduld erfordern. Sie sind infolgedessen nicht jedermanns Sache, und wissenschaftliche Lorbeeren sind jedenfalls auf anderen Gebieten leichter und vor allem in kürzerer Zeit zu pflücken. Und doch verdient es die Frage, immer wieder verfolgt und von neuem in Angriff genommen zu werden, worauf schon Weismann eindringlich verwies. Wenn man hört, daß ein Regenwurm 10 Jahre, vielleicht noch länger lebt, also das durchschnittliche Alter des Haushundes erlangt, der Flußkrebis 20—30 Jahre, d. h. so alt wird wie das Hausrind, während die Seerosen wie die Süßwassermuscheln 60 Jahre, die letzteren sogar 80 Jahre und darüber alt werden und somit das gewöhnliche Alter der Pferde ganz erheblich übertreffen, so liegt die Frage nach den Ursachen dieses gewiß recht unerwarteten Verhaltens der genannten und mancher anderen Tiere außerordentlich nahe. Um sie mit einiger Aussicht auf Erfolg beantworten zu können, müßte man genaueres über die Lebensdauer aus verschiedenen Abteilungen des Tierreichs erfahren. Der größere Teil der bisher vorliegenden Angaben ist mehr zufällig gewonnen. Es wird aber notwendig sein, in mehr systematischer Weise als bisher vorzugehen und möglichst genaue Daten durch eigens darauf gerichtete Beobachtungen zu sammeln. Allein kann man das wegen der damit verbundenen zeitraubenden Mühewaltung kaum durchführen. Beim Gewinnen von Mitarbeitern besteht jedoch die Schwierigkeit, daß sich die Lebensdauer der zu beobachtenden Tiere über längere Zeiträume erstreckt, als sie den Mitarbeitern zur Verfügung stehen. Also bleibt vorläufig nichts anderes übrig, als solche Tiergruppen zu wählen, die voraussichtlich eine verhältnismäßig kurze Lebensdauer haben. Dieser Gesichtspunkt war für die Wahl der hier zu besprechenden beiden Gruppen der Entomostraken in erster Linie maßgebend.

Die bisher gemachten Angaben über die Lebensdauer der Angehörigen beider Gruppen beruhen (wie auch sonst zumeist) mehr auf Schätzung als auf Feststellung des Alters einzelner Individuen. Will man diese unternehmen, so kommt es zunächst darauf an, solche Arten ausfindig zu machen, die sich ohne allzugroße Schwierigkeiten halten und züchten lassen. Dies ließ sich von einzelnen Arten der Copepoden und Ostracoden erwarten, ganz abgesehen davon, daß sie häufig genug sind, um keinen Mangel an Material eintreten zu lassen.

Copepoden. Die Untersuchungen wurden vor allen Dingen an *Cyclops viridis* Jurine angestellt; außerdem wurden *Cyclops fuscus*, *C. insignis* und *C. strenuus* untersucht. Gehalten wurden die Krebse in Gläsern mit etwa 150 ccm Inhalt. Das Wasser wurde filtriert und bei den für die Erhaltung notwendiger Weise zuzu-

setzenden Pflanzen (*Elodea* und *Lemna*) sorgfältig darauf geachtet, daß ein Hinzukommen von Nauplien oder späteren Entwicklungszuständen unmöglich war. Es mußte dafür gesorgt werden, daß das Wasser in den mit Glasplatten bedeckten Gefäßen stets klar blieb, was zum Gedeihen der Tiere unbedingt erforderlich, aber auch für die täglich vorzunehmende Beobachtung nötig war. Um die Lebensdauer genau festzustellen, wurden die Tiere sozusagen ab ovo verfolgt, d. h. ein eiersacktragendes Weibchen wurde in das betr. Kulturglas gesetzt und nach der Eiablage bzw. nach dem Ausschlüpfen der Nauplien wieder herausgefangen. Die einzelnen Serien von Nauplien wurden nun unter täglicher Kontrolle weiter beobachtet bis sie herangewachsen waren und die Geschlechtsreife erlangt hatten. Die mit Eiersäckchen versehenen Weibchen wurden isoliert und für sich weiter beobachtet. So wurden die Untersuchungen ohne Unterbrechung zwei Jahre lang fortgesetzt, um im zweiten Jahr die Richtigkeit der Befunde des ersten Beobachtungsjahres zu erweisen. Die im Folgenden mitzuteilenden Ergebnisse beruhen auf den in den beiden Jahren an etwa 2500 Individuen gemachten Beobachtungen. Bezüglich des Näheren sei auf die ausführliche Arbeit von Frl. Dr. Walter verwiesen, die in den Zoolog. Jahrbüchern (Biolog. Physiolog. Abt.) erscheinen soll. Dasselbe gilt auch hinsichtlich der Literatur der Lebensdauer und Alterserscheinungen, die übrigens für die betr. Krebse wie für die Crustaceen im allgemeinen eine recht geringfügige ist, da eigens auf diese Fragen gerichtete Untersuchungen an ihnen kaum ausgeführt wurden.

Die Dauer der Entwicklung hängt von der Temperatur ab; bei optimaler Temperatur (22—23° C.) verläuft sie in 2 Tagen, während sie in den kalten Monaten 10—12 Tage dauert. Ähnlich wird der Verlauf der Metamorphose von der Temperatur beeinflusst. In die erste Häutung treten alle Nauplien derselben Serie gleichzeitig ein, aber bald zeigt sich eine Verschiedenheit in der Weiterentwicklung der beiden Geschlechter, indem diese bei den weiblichen Tieren langsamer als bei den männlichen fortschreitet. Frühestens nach 5 Wochen wird der geschlechtsreife Zustand von den männlichen Tieren erreicht; 8—12 Tage später treten die ersten geschlechtsreifen Weibchen auf und die Tiere beginnen mit dem Fortpflanzungsgeschäft.

Die Copepoden zeigen eine recht große Fruchtbarkeit, da sie etwa 800—1000 ziemlich große, dotterreiche Eier hervorbringen, aber freilich machen davon nicht alle die Embryonalentwicklung erfolgreich durch und noch weniger gelangen sie bis ans Ende der Metamorphose. In einem Eiballen, der 40 Embryonen enthält, gelingt es durchschnittlich 5—8 Tieren nicht, die schützenden Ei-

hüllen zu durchbrechen, sie sind dem Untergang geweiht. Natürlich sind auch die Larvenstadien vielen Schädlichkeiten ausgesetzt, wenn auch der Verlauf der Metamorphose bis zum Eintritt in das erste Copepoditstadium unter verhältnismäßig günstigen Bedingungen zu verlaufen scheint. Dagegen stellt diese 6. Häutung offenbar ein sehr kritisches Stadium für die Tiere dar, in welchem nicht weniger als zwei Drittel aller Individuen zu grunde gehen (E. Walter). Wenn dieses Stadium überwunden ist, verläuft die weitere Metamorphose wieder mit großer Regelmäßigkeit. Abgesehen von den inneren Schädlichkeiten der Metamorphose haben die Larven stark unter allen möglichen äußeren Gefahren, besonders auch unter tierischen Feinden, sowie unter der Infektion mit Bakterien und Pilzen zu leiden. Sehr wichtig für das Erhaltenbleiben und Gedeihen erwiesen sich die richtigen Ernährungsbedingungen. Bei Nahrungsknappheit bekämpfen und verzehren sich die Nauplien gegenseitig, werden sie jedoch in mehreren oder in größeren Gläsern gehalten, so bleiben sie alle am Leben, wie auch Größe und Umfang der Individuen durch bessere Ernährung gefördert, durch schlechte Ernährung verringert werden.

Jedes Weibchen bringt im Lauf seines Lebens eine größere Zahl von Brutserien hervor, denen nach den Beobachtungen von Frl. Walter eine verschiedene Lebensdauer zukommt. Während in den Monaten November bis Februar nur Individuen mit einer Lebensdauer von 9 Monaten zur Welt kommen, treten im März die ersten kurzlebigen Formen auf. Das Verhältnis der lang- und kurzlebigen Formen ist hier noch 4 : 1, späterhin 2 : 1. Im April verschiebt sich das Verhältnis weiterhin zugunsten der kurzlebigen Formen auf 1 : 1 und 1 : 2, bis im Mai ein Verhältnis von 1 : 4 erreicht ist, d. h. auf 5 Eiablagen eines Weibchens kommen 1 Serie mit 9monatiger und 4 Serien mit 4—5monatiger Lebensdauer. Diese Verhältnisse dauern bis August an; im September, Oktober läßt die Produktion der kurzlebigen Formen allmählich wieder nach, um im November ganz zu erlöschen. Da die kurzlebigen Formen sich sehr viel schneller entwickeln und stärker fortpflanzen, so ist die Folge davon ein schnelles Ansteigen der Individuenzahl im Sommer und Herbst, in welcher Zeit die Tiere eben unter den günstigsten Bedingungen leben.

Die Männchen sterben stets früher als die Weibchen, bei den kurzlebigen Formen im 3. oder 4. Monat, bei den langlebigen durchschnittlich im 7. Monat. Hierzu wie über das Absterben der in Kultur gehaltenen Copepoden überhaupt sei bemerkt, daß nicht etwa mangelnder Sauerstoffgehalt oder sonst eine Schädlichkeit im Wasser das Hinsiechen der Tiere zur Folge hatte, sondern das Absterben der männlichen und weiblichen Tiere erfolgte mit größter

Regelmäßigkeit, so daß nur natürliche Vergänge dafür verantwortlich gemacht werden können. Außerdem wurden absichtlich solche Gläser, in denen alte Kulturen abgestorben waren, in unverändertem Zustand für neue Brutserien benutzt, die sich darin zu lebenskräftigen Tieren entwickelten, welche das gleiche Lebensalter erlangten.

Auf die Ernährungsverhältnisse der im Winter und Sommer lebenden Copepoden, auf den Einfluß, den das kürzere Leben der Sommerformen, sowie das längere Leben der Winterformen auf ihre Organisation hat, kann hier nicht eingegangen werden, ebenso wenig wie auf ihr Verhalten gegen hohe und niedere Temperaturen, wie sie das Abkühlen der Aquarien bis -4° C. mit sich bringt, ohne nachteilige Folgen für die Tiere sind. Dadurch werden die Versuche bestätigt, die ich früher nach der gleichen Richtung an Copepoden und Ostracoden anstellte ⁴⁾.

Besonders bemerkenswert ist jedenfalls das Auftreten von Individuen mit verschiedenem Lebensalter innerhalb derselben Spezies, wie es durch die in der wärmeren Jahreszeit durchführbare Steigerung der Individuenzahl bedingt ist, die sich wiederum gegenüber der zunehmenden Vernichtungsziffer als notwendig erweist.

Die an anderen Copepoden-Arten angestellten, aber nicht so systematisch wie an *Cyclops viridis* durchgeführten Untersuchungen bestätigten im ganzen die hier mitgeteilten Beobachtungen. Danach dürfte sich das Lebensalter von *C. prasinus*, *fimbriatus* und *strenuus* (Winterform) auf 10—12 Monate stellen, da bei ihnen noch besondere, die Weibchen weniger anstrengende Fortpflanzungs- und Lebensverhältnisse hinzukommen. Uebrigens wurden auch mit Vertretern anderer Copepoden-Familien, z. B. den Centropagiden, Versuche angestellt. Zweimal gelang es, eine Centropagiden-Art, *Diaptomus vulgaris*, zu züchten. Die erste Serie schlüpfte im Februar, erreichte nach 5 Wochen das erste Copepodstadium und nach weiteren 3 Wochen die Geschlechtsreife. Ende November war das letzte Weibchen gestorben, so daß die Tiere ein Alter von 10 Monaten erreichten. — Die zweite Serie, die im Mai schlüpfte, erreichte nach $1\frac{1}{2}$ Monaten die Geschlechtsreife; die Tiere wurden 13 Monate alt.

Die nach genauen Feststellungen über die Lebensdauer einiger Copepoden gemachten Angaben lassen sich einigermaßen mit denjenigen vereinigen, die schätzungsweise von G. Burckhardt bei seinen Untersuchungen über die pelagische Fauna der Schweizer

4) E. Korschelt, Ueber das Verhalten verschiedener wirbelloser Tiere gegen niedere Temperaturen. Zoolog. Anzeiger. 45. Bd. 1914.

Seen gewonnen wurden und meines Wissens die einzigen zuverlässigen Angaben darstellen. Danach sollten Diaptomiden ein Alter von 8—18 Monaten, Cyclopiden ein solches von 8—14 Monaten erreichen⁵⁾.

Wir wissen, daß das Erlangen der Fortpflanzungsfähigkeit von Einfluß auf die Lebensdauer sein kann und daß eine verspätete Fortpflanzungsmöglichkeit das Leben verlängert. In dieser Hinsicht sind Beobachtungen von Interesse, welche sich auf Brutserien beziehen, in denen auch nach erlangter Geschlechtsreife der Weibchen deren Fortpflanzung aus unbekanntem Gründen in den ersten 6 Monaten ausblieb. Anscheinend waren die Geschlechtsorgane normal, und die Männchen hatten ihre Fortpflanzungstätigkeit ausgeübt, wie die angehefteten Spermatophoren zeigten. Die Männchen starben dementsprechend wie gewöhnlich im 7. Monat; die Weibchen bildeten gegen Ende des 6. Monats kleine Eierballen, von denen nur die beiden ersten Serien entwicklungsfähig waren. Die Eiablage wurde bis zum 14. Monat fortgesetzt; im Anfang des 15. Monats starben die Tiere.

Ebenso konnte das Leben von Weibchen verlängert werden, die vor der letzten Häutung isoliert wurden; sie bildeten zwar Eiersäckchen, doch gingen die Eier infolge Ausbleibens der Befruchtung zugrunde. Diese Weibchen erreichten ein Alter von 13 Monaten, dagegen starben isolierte Männchen erst im 12. Monat, wurden also verhältnismäßig viel älter. Es ist daher sowohl bei der auf natürlichem wie auf künstlichem Wege eingetretenen Verspätung der Fortpflanzung eine augenscheinliche Verlängerung der Lebensdauer eingetreten.

Die *Ostracoden* bieten der in systematischer Weise und andauernd vorzunehmenden Beobachtung leider viel größere Schwierigkeiten als die unabhängiger vom Bodenschlamm, mehr im freien Wasser lebenden Copepoden. Sie verkriechen sich mit Vorliebe im Schlamm und sind daher bei der Kontrolle recht schwer aufzufinden, was diese Art der Beobachtung äußerst langwierig macht und ihre Fortsetzung auf die Dauer beinahe verhindert. Immerhin gelang es Frl. Schreiber, einige Feststellungen über die Lebensdauer zu machen, doch war sie infolge dieser Schwierigkeiten genötigt, sich mehr dem Studium der Biologie und Entwicklung der Ostracoden zuzuwenden, wie übrigens auch Frl. Walter die einzelnen Stadien der Metamorphose eingehend zur Darstellung brachte. (Man vergleiche die beiden in den Zoolog. Jahrbüchern zu veröffentlichen Arbeiten.)

5) G. Burckhardt, Quantitative Studien über das Zooplankton des Vierwaldstätter Sees. Mitt. Nat. Ges., Luzern. 1900.

Versuche wurden mit verschiedenen Süßwasser-Ostracoden angestellt, um die Eiablage festzustellen und also auch hier die Lebensdauer von Anfang an verfolgen zu können. Bei *Cypria ophthalmica*, die viel beobachtet wurde, gelang dies leider nie. *Cypridopsis vidua* lebte als ausgewachsenes Tier 113, 53, 47, 40 Tage und kürzere Zeit. Aehnliche Zahlen ergaben sich für *C. ophthalmica*. Eine *C. vidua* wurde am 15. III. 1918 mit Eiern isoliert; am 18. IV. waren junge Tiere (Larven) vorhanden, die bereits am 30. V. ausgewachsen waren. Diese Tiere lebten 134, 100 Tage und kürzer.

Von *Cypris fuscata*, *virens* und *ornata* glaubt Frl. Schreiber nach den im Freien gemachten Beobachtungen annehmen zu dürfen, daß sich das Leben dieser Arten innerhalb von ungefähr 60 Tagen abspielen muß.

Günstiger als die genannten Arten erwies sich *Cyprinotus incongruens* für die Beobachtung. Von dieser Art wurden im Verlauf zweier Sommer 140 Individuen auf den Verlauf ihrer gesamten nachembryonalen Entwicklung und Lebensdauer untersucht, wobei den Tieren in den Glasschalen, in denen sie gehalten wurden, möglichst naturgemäße Lebensbedingungen geschaffen waren. Auf die einzelnen, von Frl. Schreiber eingehend untersuchten und durch Abbildungen erläuterten Entwicklungsstadien kann hier nicht eingegangen werden. Es sind neun solche Stadien zu unterscheiden, die in ihrer Dauer schwanken und für welche die Durchschnittswerte von 3 (I), 4 (II), 4 (III), 7 (IV), 7 (V), 8,5 (VI), 10 (VII), 11 (VIII) und 35 (IX) Tagen erhalten wurden. Also ergaben sich 86 Tage für die gesamte Lebensdauer, welche jedoch für die genannte Individuenzahl zwischen dem Minimal- und Maximalwert von 47 und 121 Tagen schwankte. Das sind Zahlen, welche den für die vorher genannten Arten angegebenen einigermaßen entsprechen. Ein höheres Lebensalter als 3—3½ Monate scheinen die zur Beobachtung gelangten, im Sommer lebenden Ostracoden demnach nicht zu erlangen. Es handelt sich dabei (*C. incongruens*) um die auf parthenogenetischem Wege erzeugten Individuen.

Alterserscheinungen, die mit dem allmählichen Nachlassen der Lebenskraft und dem schließlich eintretenden Tod in Verbindung stehen, wurden für die Copepoden festgestellt (E. Walter). Bei einem langlebigen Cyclops, d. h. bei einem solchen mit 9monatiger Lebensdauer traten die ersten Alterserscheinungen gegen Ende des 8. Monats auf. Außerlich zeigen sie sich in einer geringeren Widerstandsfähigkeit gegen die Besiedelung des Körpers mit Pilzen, Chlorophyceen und Infusorien, so daß ein dem Alterstod geweihter Cyclops mit diesen Organismen ganz überwuchert er-

scheint. Dadurch werden die Tiere in der Fortbewegung gehindert, wie sie überhaupt in ihren Bewegungen bereits schwerfälliger geworden sind; sie schwimmen unbeholfen, kommen aus dem Gleichgewicht und überschlagen sich beim Niederlassen. Die Nahrungsaufnahme geschieht nur noch selten, wodurch gewiß eine starke Herabsetzung des Stoffwechsels bedingt ist.

Die Besiedelung des Körpers mit allerlei Organismen dürfte mit einer Veränderung in der Beschaffenheit der Oberfläche und vermutlich der Struktur der Chitindecke zusammenhängen; jedenfalls verlieren die Borsten ihre Elastizität und brechen ab, wodurch der Cyclops ein recht mitgenommenes Aussehen erhält. Die Veränderungen in der Bewegungsfähigkeit deuten auf solche in der Beschaffenheit der Muskulatur und des Nervensystems hin, wie dies durch die histologische Untersuchung alternder Tiere auf Schnittserien bestätigt werden konnte. Besonders im Gehirn ließen sich Degenerationserscheinungen feststellen, wie sie durch die Untersuchungen von *Hodg*e an der Honigbiene, v. *Hans*em an *Bacillus* und von *Harm*s an einem Röhrenwurm (*Hydroides*) bekannt geworden sind. Die Ganglienzellen und ihre Kerne zeigen gegenüber den jüngeren, lebenskräftigen Tieren auffallende Veränderungen ihrer Struktur, die sich in körnigem Zerfall, Vakuolisierung, Schrumpfungerscheinungen, Auftreten von Pigment, Anreicherung des Chromatins in den Kernen, Veränderungen in Umfang, Zahl und Lage der Nucleolen und derartigen Erscheinungen äußern, und schließlich zu einem teilweisen oder vollständigen Zerfall der Ganglienzellen führen.

Derartige tief eingreifende Veränderungen in der Beschaffenheit des Zentralnervensystems müssen notwendigerweise von Einfluß auf die von ihm innervierten Körperteile sein. Dies ließ sich besonders deutlich für die 1. Antenne nachweisen. Die geschilderten Veränderungen im Gehirn greifen auch auf den sie versorgenden Gehirnlappen über. Im Zusammenhang damit ist an den 1. Antennen ein körniger Zerfall der Gewebeelemente in der 1. Antenne und besonders der Muskulatur nachzuweisen. Er beginnt im distalen Teil des letzten Antennengliedes und schreitet allmählich proximalwärts fort. Damit sind auch Veränderungen in der äußeren Beschaffenheit der Antenne verbunden. Die Borsten krümmen sich und brechen ab und das Chitin erfährt offenbar eine strukturelle Veränderung, wie aus seinem verschiedenen Verhalten gegen die Färbung hervorgeht. Hand in Hand damit gehen Verbiegungen, Dehnungen, Ausbuchtungen des Chitins und der Gelenkhäute, wodurch die ganze Antenne ein von ihrer früheren Beschaffenheit wesentlich abweichendes, sehr verkümmertes Aussehen gewinnt. Da die Antennen aber für die Fortbewegung sehr wesent-

lich sind, so lassen sich die vorerwähnten Störungen in der Schwimmfähigkeit darauf mit zurückführen.

Auch der Darmkanal ist senilen Aenderungen unterworfen. Anscheinend können gewisse Stoffwechselprodukte von den alternen Tieren nicht mehr in normaler Weise abgebaut und ausgeschieden werden; so beginnt schon im 5. bis 6. Monat eine mit zunehmendem Alter sich steigernde Belastung der Darmepithelzellen mit Harnkonkrementen, die sicher auf den ganzen Organismus nachteilig wirken muß. Im Zusammenhang damit treten bei langlebigen Cyclops-Individuen im 8. Monat Schrumpfungen der Zellen und andere Degenerationserscheinungen am Darmepithel auf, welche die betr. Partien des Darmkanals (mit Ausnahme seines mittleren Teiles) stark verändert erscheinen lassen. Die genannten und andere Alterserscheinungen führen schließlich zu einem völligen Niedergang der Tiere. Zuletzt schwimmen sie nur noch mit unbeholfenen Bewegungen herum und suchen dann im Bodenschlamm Unterschlupf, um auf der Seite liegend das Ende zu erwarten. Bewegungen einzelner Körperteile des Darmes, der Afterklappe usw. zeigen, daß die Tiere noch am Leben sind und es kann noch 2 Tage dauern bis schließlich der Tod eintritt. Dann dringen durch Mund-, Afteröffnung und Gelenkhäute alsbald Bakterien, Flagellaten und Ciliaten in den Körper ein und führen eine Auflösung der Weichteile herbei.

Eingegangen am 22. VII. 1920.

Ueber ein cyclisch auftretendes Organ (renale Blutlymphdrüse) bei der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus* Schreb.).

Mit 2 Figuren. Von W. Harms.

Gelegentlich meiner Untersuchungen über die Nebenniere der Zwergfledermaus während der Winterschlafperiode dieses Tieres Winter 1919/20 fiel mir ein Organ auf, das caudal von der linken Nebenniere liegt und die gleiche Größe hat wie letztere. Die Nieren der Fledermaus sind ganz charakteristisch in der Bauchhöhle angeordnet. Die linke Niere liegt mit ihrer Längsachse in der Achse des Körpers (s. Fig. 1. 2. n) und berührt mit ihrem oralen Pol das Zwergfell (Z). An der oralen inneren Wölbung liegt die etwa 3 mm lange Nebenniere (Fig. 1. 2. ne), die länglich geformt ist. Direkt anschließend liegt das fragliche Organ von etwa derselben Größe und Gestalt wie die Nebenniere (s. Fig. 1. bl). Die rechte Niere liegt in einem Winkel von 45° zur Körperachse und schmiegt sich dem Zwergfell dicht an. Ein Leberlappen ist mit dem Hilus verwachsen. Die Nebenniere liegt in dem Winkel zwischen Zwergfell und oralem Nierenpol und ist bei Eröffnung der Bauchhöhle nicht sichtbar. Dadurch wurde ich veranlaßt, bei der ersten oberflächlichen Beobachtung das fragliche Organ für die zweite Nebenniere zu halten, bis mich die genauere Untersuchung eines anderen belehrte. Das Organ liegt der Aorta abdominalis dicht an, oral gehen die Arteriae renales ab. Bei weiterer Untersuchung erwies sich, daß das Organ paarig auftritt. Das zugehörige liegt etwas tiefer im retroperitonealen Gewebe, ebenfalls an der Aorta abdominalis und wird erst bei der Präparation sichtbar. Gefäße ziehen sowohl von der Aorta abdominalis wie von der Vena cava in die beiden Organe direkt hinein. Als ich meine Untersuchungen nun auch auf die Zeit nach dem Winterschlaf ausdehnte, war nichts mehr von dem Organ zu sehen. Lediglich die jetzt etwas vergrößerte linke Nebenniere blieb im Situsbild gut erkennbar.

Die nähere Untersuchung dieser paarigen Organe ergab nun, daß sie zum Typus der Blutlymphdrüsen zu rechnen sind, wenn sie auch nicht vollständig damit übereinstimmen. Ich werde sie als renale Blutlymphdrüsen bezeichnen.

Der erste der die Blutlymphdrüsen als von den gewöhnlichen Lymphdrüsen abweichend erkannt hat, war Leydig, der 1857 dunkelrot gefärbte Körper am Verlauf der Aorta thoracica des Schweines fand, die er als Nebenmilzen bezeichnete. Auch heute

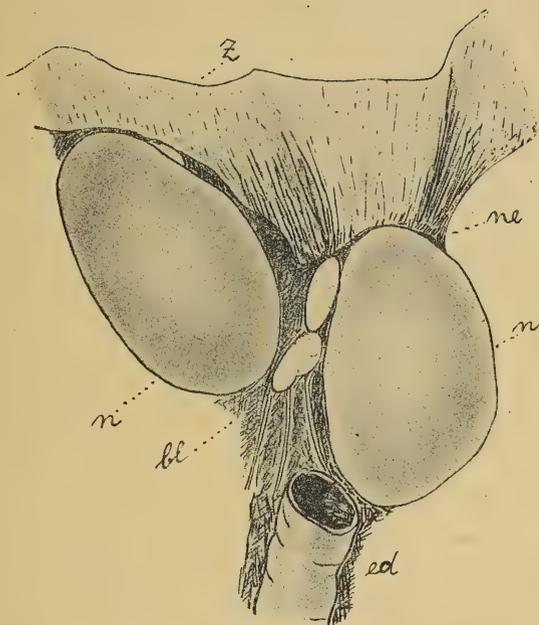


Fig. 1. Situsbild von *Pipistrellus pipistrellus* Schreb. Am 1. März 1920.
 Renale Blutlymphdrüse entwickelt, *bl*, renale Blutlymphdrüse, *ed*, Enddarm,
n, Niere, *ne*, Nebenniere, *z*, Zwerchfell.

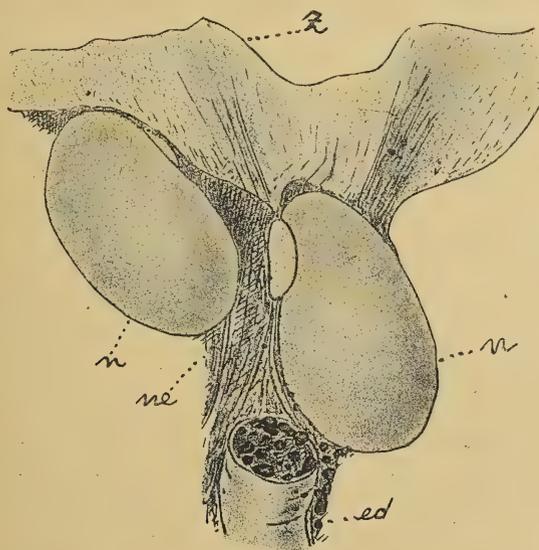


Fig. 2. Situsbild von *Pipistrellus pipistrellus* Schreb. Am 16. Juni 1920.
 Renale Blutlymphdrüse rückgebildet. Bezeichnung wie 1.

vertritt ja Weidenreich noch den Standpunkt, daß die Blutlymphdrüsen zur Milz in naher Beziehung stehen.

Beim Menschen fand dann Gibbes 1884 in der Umgebung der Nierengefäße rötlich gefärbte Lymphdrüsen, sowohl bei Kranken als auch bei einem gesunden 20jährigen Mann, der durch Unfall gestorben war.

Russel prägte den Namen Hemo lymph glands. Sein Schüler Robertson nahm 1890 eine genauere Untersuchung dieser Gebilde beim Schaf und Ochsen vor und fand sie hier in sehr großer Zahl oft bis zu 300—400 beim Schaf. Auch beim Menschen beschreibt er sie als *grau-rötlich* manchmal auch tiefrote Organe.

Clarkson, 1891, der sie hemal glands nennt, und sie wie die vorigen Untersucher in der Begleitung der Nierenarterie und ihrer Zweige antrifft, macht zum ersten Mal darauf aufmerksam, daß das Vorkommen nicht *konstant* ist.

Eine eingehende systematische Untersuchung stammt von Vincent und Harrison 1897. Die Autoren fanden die Blutlymphdrüsen bei vielen Säugern, Vögeln, Amphibien und Fischen, besonders auffallend bei Ochsen und Schafen, also bei Wiederkäuern, von der Größe einer großen bis kleinen Erbse. Der Mensch soll nach den Angaben dieser Autoren *keine* Blutlymphdrüsen besitzen. Sie stellen die Drüsen zwischen gewöhnliche Lymphdrüsen und Milz. Besonders bemerkenswert ist, daß sie angeben, das lymphoide Gewebe und die Sinus variieren im Verhältnis zueinander und daß die Sinusräume große Mengen von Pigment und pigmenthaltigen Leucocyten enthalten, worauf ich später noch wieder zu sprechen kommen werde.

Wie wechselnd die Angaben über das Vorkommen sind, zeigen weitere Untersuchungen von Morandi und Sisto 1900 und Warthin 1901. Diese Autoren fanden die Drüsen wieder beim Menschen überall dort, wo gewöhnliche Lymphdrüsen vorkommen.

Eine Einteilung der Lymphdrüsen, Blutlymphdrüsen und Milz nahm 1902 Lewis vor, er unterscheidet: hemal-glands = Milz und Blutlymphdrüsen (bei Mensch, Schaf, Ochse, Pferd, Schwein, Ratte, Maus, Eichhörnchen, Maulwurf, Huhn, Frosch, Kröte); hemal-lymphatic glands = gemischte Drüsen und lymphatic glands = echte Lymphdrüsen.

Zu einer gleichen Einteilung kommt auch Weidenreich, (1905) der die Blutlymphdrüsen beim Schaf besonders genau untersuchte. Nach Weidenreich unterscheiden sich die Blutlymphdrüsen von allen anderen Lymphdrüsen dadurch, daß sie weder zu- noch abführende Lymphgefäße besitzen und außerdem ihr Sinus mit Blut gefüllt ist. Sie stehen so der Milz näher als den gewöhnlichen Lymphdrüsen. Sein System umfaßt folgende ver-

wandtschaftliche Formenreihe: a) Milz, b) Blutlymphdrüsen, c) Lymphdrüsen, deren lymphoides Gewebe mit Blut und Lymphbahnen in Zusammenhang steht und d) die gewöhnlichen Lymphdrüsen mit vollständig getrenntem Gefäßsystem.

Nach Helly besteht diese Einteilung nicht zu Recht, da es nach ihm alle Uebergänge zwischen Blutlymphdrüsen und gewöhnlichen Lymphdrüsen gibt.

Auch Baum neigt in gewisser Weise dieser Auffassung zu und sagt, man könnte die Drüsen nur von Fall zu Fall nach genauer Untersuchung unterscheiden.

Piltz hält die Blutlymphdrüsen für Organe, die in ihrer Entwicklung nicht abgeschlossen sind.

Eine ähnliche Auffassung hat von Schumacher (1913). Er unterscheidet Lymphdrüsen mit Lymphgefäßen a) ohne, b) mit roten Blutkörperchen im Sinus und Lymphdrüsen ohne Lymphgefäße, a) ohne, b) mit roten Blutkörperchen im Sinus.

Charakteristisch für die Blutlymphdrüsen ist also nicht ihre rote Farbe, sondern das Fehlen von Lymphgefäßen. von Schumacher behält aber den Namen rote Blutdrüsen bei, faßt sie jedoch nicht als Organe sui generis auf. Sie bilden keine scharf abgegrenzte Gruppe und können nur als rudimentäre Formen gewöhnlicher Lymphdrüsen angesehen werden.

Ich gehe nun auf den Bau der Blutlymphdrüsen ein und werde die Organe der Zwergfledermaus, die als eine besondere Art Blutlymphdrüsen aufgefaßt werden müssen, im Zusammenhang damit beschreiben. In der Literatur finde ich keine Angaben über diese Organe der Fledermaus, nur Weidenreich erwähnt 1905 in einem Satze Blutdrüsen von *Vespertilio murinus* während des Winterschlafes, deren Bau und Blutgefäßverhältnisse er mangels einer Schnittserie nicht klar legen konnte. Demgemäß ist auch bei dieser Form während des Winterschlafes die Blutlymphdrüse vorhanden. Leider gibt Weidenreich nichts über ihre Topographie an. Da die Blutlymphdrüsen wirklich genau nur beim Schaf untersucht worden sind (Weidenreich, v. Schumacher) so werde ich mich vor allem darauf stützen.

Beim Schaf haben die Drüsen die Größe eines Stecknadelknopfes bis zur Größe einer Wallnuß, jedoch überwiegt die Erbsengröße. Die Form ist ausgesprochen rundlich, seltener mehr oval; richtig bohnenförmig abgeplattete sind nicht gewöhnlich. Bei der Fledermaus kommen, wie schon erwähnt, während des Winterschlafes 2 große ovale Drüsen vor (2 mm lang, 1,2 mm breit). Oft findet man auch noch 2—3 winzig kleine im retroperitonealem Gewebe. Sie zeigen an der den Gefäßen zugekehrten Seite eine deutlich hilusartige Einziehung. Ich fand sie außer bei der Zwerg-

fledermaus noch bei der Zwerghufeisennase und der Wasserfledermaus in derselben Ausprägung.

Die Farbe ist beim Schaf rot in allen Abstufungen bis schwarz, nicht selten mit einem Stich ins bräunliche. Bei der Fledermaus war die Farbe stets blaßrot mit gelblicher, oft intensiv gelb-bräunlicher Tönung.

Die Gefäßversorgung ist dieselbe wie beim Schafe. In den Hilus treten Arterien und Venen ein. Die Arterien sind Aeste kleinster Arterien, die direkt aus der Aorta ihren Ursprung nehmen. Die Venen kommen aus der Vena cava oder iliaca communis. Lymphgefäße liegen wohl in der Nähe; Aeste aus ihnen treten aber in die Blutlymphdrüse nicht ein, wie ich an Schnittserien feststellen konnte. Injektionen habe ich bei der Kleinheit des Objektes und der Seltenheit des Materials nicht ausführen können. An anderen Stellen als am Hilus treten keinerlei Gefäße ein. Am Längsschnitt kann man folgende Teile unterscheiden: die Kapsel, der Marginalsinus und der bei der Fledermaus schwach ausgeprägte Intermediärsinus und das lymphoide Gewebe.

Die Kapsel ist bei den untersuchten Fledermäusen wesentlich zarter und dünner als bei Schafen, sie besteht aus fibrillärem Bindegewebe, wenig elastischen Fasern und glatten Muskelzellen.

Der Marginalsinus ist auffallend verschieden bei den Fledermäusen von denen des Schafes. Bei den Schafen dringt er überall nach dem Zentrum der Drüse zu in das lymphoide Gewebe ein, welches dadurch in einzelne Haufen zerlegt wird. Bei der Fledermaus dagegen schließt der Sinus gegenüber dem lymphoiden Gewebe durch eine glatte Grenze ab; gewöhnlich ist er an den Seiten der Drüsen viel mächtiger als an den Kuppen. Beim Schaf enthalten die Sinusräume rote Blutkörperchen in großen Mengen. Die Leucocyten spielen nur eine untergeordnete Rolle. Der Marginalsinus der Fledermaus ist dagegen dicht erfüllt von Riesenlymphocyten mit großem Kern mit Nucleolus und wenig Chromatin. Daneben kommen kleine Leucocyten mit wenig Plasma und in wechselnder Menge roten Blutkörperchen vor, die aber zerfallen und von den Riesenlymphzellen aufgenommen werden. Niemals wurden große dichte Anhäufungen von roten Blutkörperchen wie beim Schaf und Rind beobachtet.

Die Sinusräume werden beim Schaf von einem weitmaschigen Reticulum durchsetzt, das in Form von spärlichen und zarten Balken mit den Gefäßen in das lymphoide Gewebe hineinzieht. Bei der Fledermaus sind die Grundformen des Reticulums radiär gestellte Bindegewebsstränge, die durch Seitenverzweigungen mit einander in Verbindung stehen. Besonders auffallend ist ein reichlich auftretendes gelb-bräunliches Pigment, das sich am stärksten

in den Zellen des Reticulums anhäuft, aber auch zuweilen in den Riesenlymphocyten anzutreffen ist; von diesem Pigment rührt die Farbe der Blutdrüsen her. Es scheint dasselbe Pigment zu sein, welches auch Vincent und Harrison gefunden haben. Der ganze Randsinus erhält daher schon im ungefärbten Schnitt eine intensiv gelbe Färbung. Das lymphoide Gewebe ist in die Mitte verlagert, es stellt eine kompakte Masse dar, die im Prinzip ähnlich wie beim Schaf gebaut ist, nur daß beim Schaf das Gewebe in einzelne sich gegen den Marginalsinus vorwölbende Knötchen zerfällt, analog den Sekundärknötchen. Die Grundsubstanz des lymphoiden Gewebes stellt ein dichtes zartes Reticulum dar. In diesem Reticulum liegen dicht gedrängt die Lymphocyten mit kleinen runden chromatinreichen Kernen. Außerdem finden sich noch spärlich rote Blutkörperchen. Die den Solitärknötchen ähnlichen kreisrunden randständigen Zellpartien sind heller gefärbt und mit einem Rand von dicht gelagerten Lymphocyten umgeben. Sie bestehen aus großen, plasmareichen Zellen mit großen meist kreisrunden oder länglich ovalen Kernen und stimmen so mit den Solitärknötchen der Blutlymphdrüsen der Schafe gut überein.

Sehr überrascht war ich, in allen Monaten des Winterschlafes der Fledermaus, sehr zahlreiche Mitosen aufzufinden, wohl ein Beweis, daß diese Drüsen bei dem Blutstoffwechsel während des Winterschlafes eine große Rolle spielen. Auch Weidenreich gibt bei Schafen Mitosen an. Ein Reticulum ist in den Knötchen nicht vorhanden.

Die großen Zellen der Knötchen erinnern in ihrer Größe und Färbbarkeit an die großen Lymphzellen des Marginalsinus. Man findet sie auch wandernd im adenoiden Gewebe, und ich möchte annehmen, daß sie von den Knötchen zum Marginalsinus hinwandern, wo sie sich auch manchmal noch mitotisch teilen, wie ich das zuweilen nachweisen konnte.

Nach von Schumacher und Weidenreich stellen nun die Blutlymphdrüsen Zerstörungsstätten der roten Blutkörperchen dar. Die Blutkörperchen zerfallen im Marginalsinus in Körnchen, die von den Leucocyten aufgenommen werden. Auf diese Weise sollen nach Weidenreich die eosinophilen Leucocyten entstehen. Daneben kommt auch eine Haemophagocyte durch die Retikularzellen vor. Auch nach Piltz rühren die Pigmentkörner der Retikularis beim Rind von den roten Blutkörperchen her. Ich selbst konnte beobachten, daß die Riesenlymphocyten rote Blutkörperchen aufnehmen und daß diese dann einem körnigen Zerfall anheimfallen. von Schumacher sah pigmentführende Zellen in der Blutlymphdrüse der Schafe selten, und dann nur in feinkörniger gelber Form. Pigmentschollen, die Piltz beobachtete,

sah er nicht. Ich konnte sie bei der Fledermaus auch nicht beobachten.

Meine vergleichende Beschreibung der renalen Blutlymphdrüsen der Fledermaus bezog sich auf den Winterschlaf. In dieser Periode kann man diese Drüsen wohl als homolog mit den Blutlymphdrüsen des Rindes und des Schafes ansehen. Die Drüsen wurden bei der Zwergfledermaus in den Monaten November bis Anfang März in immer fast derselben Größe und Lagerung aufgefunden. Auch einige Zwerghufeisennasen zeigten Ende März dasselbe Verhalten: Schon im April und Mai, als ich neues lebendes Material bekam, war nun mit bloßem Auge von diesen sonst so mächtigen Drüsen nichts mehr zu erkennen, und auch im weiteren Verlaufe des Sommers konnte ich derartige Drüsen bei der Zwergfledermaus, der Zwerghufeisennase, Mopsfledermaus und der Wasserfledermaus nicht feststellen. Mit der Lupe oder dem Binocularmikroskop bemerkte man bei der Zwerghufeisennase kleine kaum sichtbare Drüsen an der Stelle der Winterdrüse, die mikroskopisch eine dicke Kapsel und ein sehr dicht gelagertes adenoides Gewebe in sich bergen. Der Randsinus ist kaum nachweisbar. Ebenso fehlen die Solitärknötchen. Die Drüse ist also im Sommer auf ein Minimum reduziert. Bei der Zwergfledermaus habe ich sie im Sommer nicht mit Bestimmtheit auffinden können.

Wann sie wieder zu wachsen beginnt, vermag ich nicht ganz genau zu sagen. Mir fehlen für die Beobachtung die Monate September und Oktober. Da die Drüsen im August noch nicht wieder entwickelt sind und sie im November schon die maximale Größe erreicht haben, so darf man wohl mit einiger Sicherheit annehmen, daß sie zu Beginn des Winterschlafes sich wieder ausbilden. Welche Rolle sie nun im Blutstoffwechsel spielen, vermag ich nicht zu sagen. Die für die Zeit der Winterschlafruhe so auffallende Mitosen deuten auf eine wesentliche Rolle hin. Auffällig ist auch, daß die Milz im Winter nur halb so groß ist wie im Sommer. Eingehendere Untersuchungen darüber werde ich noch anzustellen haben.

Das periodische Auftreten der renalen Blutdrüsen der Fledermaus, wie ich sie nennen möchte, erklärt vielleicht auch das oft merkwürdige Fehlen dieser Drüsen bei Rindern und Schafen, während sie manchmal wieder zahlreich vorhanden sind. Auch die widersprechenden Angaben beim Menschen sind hierauf zurückzuführen.

Weidenreich sagt von der Blutlymphdrüse der Schafe: „Man kann oft viele Schafe durchmustern, ohne an den Praedilektionsstellen irgendwelche zu finden, dann aber trifft man sie wieder in großen Mengen. Alter und Geschlecht ist dabei anscheinend

ohne jeglichen Einfluß, ebenso der Nahrungszustand des Tieres; sie finden sich bei jungen und alten, fetten und mageren Individuen, bei männlichen, weiblichen oder Kastraten, oder sie können überall da fehlen. Auch die Jahreszeit spielt keine Rolle.“ Piltz hat in Bezug auf das Rind die gleiche Ansicht. Martin und von Schumacher glauben annehmen zu können, daß eine Gesetzmäßigkeit insofern besteht, als bei jungen Tieren unter sonst gleichen Verhältnissen Blutlymphdrüsen häufiger gefunden werden als bei älteren.

Weidenreich hat Schafhändler und Schlächter für das Vorkommen der roten Blutdrüsen interessiert. Sie geben an, daß die Drüsen bei Tieren, die direkt von der Weide kommen, häufiger seien als bei Stalltieren. Weidenreich selbst konnte sich nicht mit Sicherheit von diesen Angaben überzeugen. Nach meinen Beobachtungen bei den Fledermäusen muß man wohl annehmen, daß Stoffwechszustände und klimatische Ursachen maßgebend sind. Ich werde versuchen, diese Versuche auch bei anderen Winterschläfern periodisch zu untersuchen und besonders meine Beobachtungen an der Fledermaus fortsetzen, deren Biologie noch in vielen Punkten dunkel ist. Das ist um so verwunderlicher, als sie zu den nützlichsten Tieren gehört und in der Vertilgung der Obst- und Forstschädlinge wohl von keinem Tier übertroffen wird.

Eingegangen am 28. VII. 1920.

Literatur.

- Weidenreich, Franz. Studien über das Blut und die blutbildenden und zerstörenden Organe. II. Bau und morphologische Stellung der Blutlymphdrüsen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 65, 1905.
von Schumacher, Siegmund. Bau, Entwicklung und systematische Stellung der Blutlymphdrüsen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 81. 1913.

(Weitere Literatur siehe in den beiden vorstehenden Arbeiten.)

Walther Jaensch,

Ueber Beziehungen von körperlichen und psychischen Eigenschaften der Persönlichkeit mit besonderer Rücksicht auf innere Sekretion und klinische Fragen (Mit Demonstrationen).

Vorläufige Mitteilung.

Vortr. gibt zunächst eine kurze Zusammenfassung seiner bisherigen psychophysischen Konstitutionsuntersuchungen. (Vorl. Mitt. in der Zeitschr. f. d. ges. Neur. u. Psych. Bd. 59. 1920). Hier soll im wesentlichen nur von dem Neuhinzugekommenen die Rede sein.

1) Nach den früheren Untersuchungen des Vortr. hatten sich als Grundlage der eidetischen Anlage (d. h. der Anlage zu Anschauungsbildern¹ [AB]) zwei Konstitutionstypen ergeben, der T- und der B-Typus. Ersterer charakterisiert sich kurz gesagt als tetanoider Zustand, letzterer als basedowoider, beide in den allerverschiedensten Abstufungen vorkommend. Je nach ihrer Zugehörigkeit zum T- oder B-Typus weisen auch die AB untereinander wesentlich verschiedene Züge auf. Die AB des T-Typus verschwinden ferner in der Regel auf Kalkzufuhr parallel den somatischen Stigmen, ebenso wie die in solchen Fällen oft verlängerte Dauer der physiologischen Nachbilder. Die AB des B-Typus dagegen verhalten sich, ebenso wie die entsprechenden somatischen Äquivalenten, refraktär gegen Kalk. (Ein Fall normaler AB eines Jugendlichen wird demonstriert.)

Beide Typen kommen isoliert, meist aber verkoppelt vor, entsprechend der Korrelation der vermutlich zugrunde liegenden Stoffwechselfvorgänge.

Vortr. schildert eingehend zwei sehr ausgesprochene Fälle von AB und die Wirkung der Konstitutionstherapie. Es handelt sich um ausgeprägte T-Typen. Das Charakteristische der Bilder war das Zwangsmäßige im Auftreten, die relative Starrheit und Unbeeinflussbarkeit. Hierin standen sie den physiologischen Nachbildern nahe. Die Vorstellungen zeigten den gleichen zwangsmäßigen Charakter (Zwangsvorstellungen). Die Kalkzufuhr beeinflusste die schon krankhaft zu nennenden und äußerst störenden AB mit dem Erfolge, daß sie erst Wochen nach Aussetzen des Kalks

1) In ihrem psychologischen Teil fußen diese Untersuchungen auf den demnächst erscheinenden Arbeiten des hiesigen Psychologischen Instituts; vgl. hierzu E. R. Jaensch, „Zur Grundlegung der Jugendpsychologie“ (Leipzig, J. A. Barth, 1921).

und dann nur in rudimentärer Form wiederkehrten; auch psychisch war eine deutliche, subjektiv empfundene und objektiv auffallende Veränderung zum Besseren nachweisbar.

2. Es ergeben sich aus der Behandlungsmethode, die an einem größeren Material erprobt wurde, Perspektiven für die Pädagogik und die Schulmedizin, indem sich hier ein Weg zeigt, in gewissen Fällen die durch sehr gesteigerte AB bedingte Träumerei mancher Kinder erfolgreicher zu bekämpfen als durch die bisher allein empfohlene psychische Beeinflussung. Es zeigt sich, gerade auch in diesen Untersuchungen hervortretend, die umfassende Indikationsbreite einer derartigen prophylaktischen Konstitutionsbehandlung, da der tetanoide Zustand ein geeigneter Boden für spätere Krankheitsprozesse somatischer, nervöser, besonders auch epileptoider Natur (s. u.) zu sein scheint.

3. Votr. hat a. a. O. darauf hingewiesen, daß die AB des T-Typus relativ starr, die des B-Typus relativ veränderlich sind. Ähnlich wie in den AB scheint auch in den (gewöhnlichen) Vorstellungsbildern des B-Typus das Bewegte und Veränderliche zu überwiegen, im Vorstellungsleben des T-Typus das Starre und Ruhende, eine Tatsache, die wohl auch über das Gebiet der Eidetiker hinaus Geltung haben dürfte¹, da ja T- und B-Typus nicht stets mit AB verbunden sind. Gelegentlich zeigt sich dies auch in schriftlichen Auslassungen (z. B. Aufsätzen) hierher gehörender Individuen. Votr. bringt solche Aufsatzproben von B- und T-Typen und Nichteidetikern zur Verlesung. Auch letztere zeigen nach Feststellung von Dr. Kroh Besonderheiten gegenüber denen von Eidetikern.

4. Von dem uns hier besonders interessierenden Basedowoid und seinen Rudimentärformen wird der eigentliche Morbus Basedowii des späteren Alters ziemlich scharf getrennt (R. Stern). Nach Stern bestehen zwischen Basedowoid und Morbus Basedowii keine fließenden Uebergänge, wohl aber zwischen leichten und schweren Formen des Basedowoids. Während die Gemütslage des reinen Morbus Basedowii, wie Stern meint, eher eine euphorische ist und weder vor noch nach Abklingen der Erkrankung Erscheinungen von Nervosität erkennbar seien, findet er beim Basedowoid Depressionszustände, Angst und Reizbarkeit, zahlreiche nervöse und hysterische Störungen.

Votr. konnte a. a. O. nachweisen, daß die ausgesprochenen B-Typen sehr oft auch einen T-Komplex aufweisen, der nach vorliegenden Untersuchungen oft mit Depressions- und Angstzuständen, auch Zwangsvorstellungen verknüpft ist (Votr. belegt diesen

1) Nach un veröffentlichten Untersuchungen von E. R. und W. Jaensch-

Parallelismus mit Tabellen seines Materials.) Der Gedanke liegt nicht fern, daß die von Stern erwähnten psychischen Erscheinungen des Basedowoids höheren Grades ebenfalls auf einem begleitenden T-Komplex beruhen könnten. Ferner wurde bei unseren Eideikern eine ganze Reihe von Erscheinungen gefunden, die man gewöhnlich neurasthenischen, epileptoiden, mitunter hysterischen Bildern zuzuweisen pflegt. Die meisten Individuen („gesunde“ Schüler und Studenten) eines derartigen außerklinischen Materials kommen wohl gewöhnlich dem Arzte überhaupt nicht zu Gesicht. Im einzelnen fanden sich Schlafstörungen, Schlafreden, Nachtwandeln, Pavor nocturnus, leichte Absenzen, Schwindelgefühle, Kopfschmerzen verschiedenen Grades, teilweise mit gleichzeitigem Brechreiz, Farbsehen; es fanden sich ferner Parästhesien, Crampi aller Art, besonders Waden- und andere Muskelkrämpfe, angioneurotische Beschwerden, Urtikariaanfalle, gelegentliche Temperatursteigerungen.

Es zeigte sich, daß alle diese Erscheinungen, die Votr. Akzidenzien im Gegensatz zu den Stigmen des T-Typus nennen möchte, auf Kalk meist ebenso verschwanden wie die Stigmen des gleichen Komplexes.

Curschmann betrachtet die Kalkwirkung als so spezifisch, daß er ihrem positiven Erfolg diagnostische Bedeutung beimißt. Ist dies richtig, woran nach vorliegendem Material nicht zu zweifeln ist, so müssen auch diese Akzidenzien des T-Typus in derartigen Fällen als tetanoide Erscheinungen aufgefaßt werden. Auch bei klinischer Tetanie liegen ja oft ähnliche Begleiterscheinungen vor.

Der praktische Arzt dürfte daher nach den hier berichteten Erfahrungen in der Lage sein, durch Nachweis der AB und der verlängerten Nachdauer der physiologischen Nachbilder in seiner Sprechstunde manchen, besonders jugendlichen, aber auch erwachsenen Patienten bessere und wirksamere Hilfe bei mannigfachen unbestimmten Klagen zu bringen, als dies bisher oft möglich war. Denn in vielen solcher Fälle sind neben diesen Klagen außer den optischen Stigmen keinerlei Zeichen einer klinischen Anomalie nachweisbar, die auf die Natur des Leidens Schlüsse zu ziehen erlaubte, und die Prüfung der galvanischen Erregbarkeit der Nerven erfordert größere, nicht immer vorhandene Hilfsmittel.

Es liegt im Bereiche der Möglichkeit, unter Benutzung des T- und B-Typus in der Neurasthenie, besonders der Jugendlichen, vielleicht gewisse Abgrenzungen vorzunehmen. Aber es ist nach verschiedenen Fällen des Materials zu vermuten, daß sich die eine oder andere Neurasthenie auch bei Erwachsenen als sensibler und sensorischer T-Typus herausstellt (vgl. auch Curschmann,

Münch. med. Wochenschr. 1919), der auch in diesem Lebensalter durch energische Kalkzufuhr mitunter eine überraschende Umstimmung erfahren kann.

5. Weiter fanden sich bei der näheren Untersuchung der A B einzelner Eidetiker Anklänge an bekannte Erscheinungen bei Epilepsie: Größenänderungen, ja Raumverlagerungen, nicht nur in den A B, sondern auch bei wirklichen Wahrnehmungsgegenständen (Es erfolgt Demonstration der Makropsie wirklicher Wahrnehmungsgegenstände bei einem Eidetiker).

Es ist dies bei den Eidetikern keine pathologische Erscheinung; bei besonders ausgeprägten Fällen kommt es häufig vor, daß auch die Wahrnehmungen wirklicher Sehdinge verändert sind, insbesondere auch die Werte der scheinbaren Größe (nach Untersuchungen von Herrn Freiling). Aber die möglichen Zusammenhänge mit der gleichen Erscheinung bei Epileptikern sind deutlicher noch bei einer der auch von Herrn Freiling benutzten Versuchspersonen. Es handelt sich um einen 16jährigen jungen Mann mit sehr deutlichen A B und sehr stark verlängerter Nachdauer des physiologischen Nachbildes, mit Uffenheimer'schem Tetaniegesicht, sonst somatisch ein T-B-Typus. Bei diesem jungen Manne besteht eine ganz besonders ausgeprägte Makropsie und Raumverlagerung der Sehdinge, die sowohl durch gelegentliche Selbstbeobachtung hervortrat, als auch durch Versuche nachweisbar ist. Auf der Straße wachsen Menschen, Bäume und Häuser oft riesengroß. Diese ängstigende und quälende Erscheinung wird noch unangenehmer und verwirrender durch begleitende Empfindungen: die Makropsie ist bei ihm von einem unangenehmen, vom Magen zur Kehle aufsteigenden, teils Schwindel erregenden, teils zusammenschnürenden Gefühle begleitet. Unzweifelhaft würden wir solche Erscheinungen unter anderen Umständen als eine epileptische Aura bezeichnen. Es sind aber an dem Falle im übrigen keine dahin gehörende Merkmale nachzuweisen. Psychisch bestehen ausgesprochene Zwangsvorstellungen, Zwangshandlungen, unmotiviertere Angst. Die Kalktherapie erwies sich auch hier sichtlich erfolgreich; die unangenehmen Begleiterscheinungen der Makropsie verschwanden, der psychische Zustand besserte sich. Sollte es gelingen, die Intensität der Anschauungsbilder noch herabzudrücken, so ist anzunehmen, daß auch die Makropsie verschwindet, da diese mit der Hochgradigkeit der A B im Zusammenhang steht, wie aus den psychologischen Versuchen von Herrn Freiling an einem größeren Material von Eidetikern hervorgeht. Die schwere Beeinflussbarkeit der Bilder durch Kalk ist darin begründet, daß es sich hier um einen Mischtyp mit starker B-Komponente handelt. Es wird darauf zu achten sein, ob jene Anklänge an den epileptischen

Symptomenkomplex bei den T-Typen und ihren Mischformen mit den gleichen Erscheinungen bei klinischer Epilepsie etwas zu tun haben. Vielleicht ist hierbei besonders an „die konstitutionell-dynamische Gruppe“ (Binswanger) dieser Erkrankung zu denken.

6. Sowohl bei T- als auch bei B-Typen kann das optische Stigma auch isoliert vorkommen. Entsprechendes isoliertes Vorkommen ist auch von anderen tetanoiden Stigmen schon bekannt (Chvostek). Hierdurch und durch einige konkrete Fälle vorliegenden Materials wird der Gedanke nahegelegt, daß die AB eine Anlage-disposition zu halluzinatorischen Erkrankungen darstellen könnten. Dank dem lebenswürdigen Entgegenkommen von Herrn Professor Zangemeister war Vortr. in der Lage, Schwangere auf das Vorkommen von AB zu prüfen. Während AB bei Erwachsenen selten sind, fanden sie sich hier bei 18 untersuchten Wöchnerinnen in 12 Fällen, also bei 67 Prozent, in 4 Fällen ausgesprochen, bei den übrigen in rudimentärer Form. Auch die Dauer des physiologischen Nachbildes war oft verlängert. Im allgemeinen kann nach diesem Befunde gesagt werden, daß das AB und das Nachbild sich in der Art ihres Auftretens bei den untersuchten Schwangeren genau wie bei den Jugendlichen verhalten; es scheint sich dabei meist um T-Fälle gehandelt zu haben. Zu untersuchen wird sein, ob auch die galvanische Erregbarkeit entsprechende Veränderungen erfährt. Eine gewisse Spasmophilie der Schwangeren ist ja bekannt, und die ersten Tetaniefälle, die überhaupt beschrieben wurden, betrafen Schwangere. Durch die vorliegenden Untersuchungen wurde somit an den geprüften Fällen auch auf zerebralem Gebiete Uebererregbarkeit festgestellt. Hieraus sind vorbehaltlich weiterer Bestätigung dieser Ergebnisse einige Folgerungen zu ziehen: a) Es scheint sich auch hier wieder zu bestätigen, daß die eidetischen Fähigkeiten auf innersekretorischen Vorgängen beruhen. Es ist hierbei an die Schwellung der Schilddrüse bei Schwangeren, die Hypophysenveränderungen und die Tetaniebereitschaft zu denken. b) Es dürfte in Erwägung zu ziehen sein, ob im Gefolge der Schwangerschaft auftretende halluzinatorische Zustände mit den nachgewiesenen eidetischen Eigentümlichkeiten der Schwangeren etwas zu tun haben, ebenso wie deren Depressions- und Angstzustände mit dem bei ihnen auftretenden T-Komplex. Nach der Angabe von Siemerling dominiert unter den Puerperalpsychosen das akute halluzinatorische Irresein mit 55,4 Prozent. Besonders wird darauf zu achten sein, ob die AB bei eidetischen Frauen in der Schwangerschaft eine solche Steigerung erfahren, daß sie, auch ohne infektiös toxische Einflüsse, in Halluzinationen überzugehen drohen. Es wäre dann unter Umständen in geeigneten Fällen an eine Kalziumprophylaxe zu denken.

Der Zusammenhang der Fieberdelirien der Kinder, sowie überhaupt deren stärkere Neigung zu Halluzinationen, mit den ihnen eigentümlichen lebhaften AB dürfte kaum zu bezweifeln sein. Ebenso wirft die Untersuchung der AB auch ein Licht auf die Tetanie- und Basedowpsychosen.

Bei Tetaniepsychosen, deren Krankengeschichten in der Literatur niedergelegt sind, nimmt der Wirklichkeitsgrad der Halluzinationen zu und ab parallel den somatischen Erscheinungen. Entsprechendes zeigte sich auch bei unseren T-Fällen bei der Kalkbehandlung.

Herr cand. Sp., der so liebenswürdig war, sich hier vorzustellen und dessen AB vom B-Typus intensivster Art sind, hat früher ausgesprochen an klinischer Basedowkrankheit gelitten; die Krankheit klang nach einem Unfall spontan ab. Auch somatisch sind noch Latenzzeichen nachzuweisen. Aber seine AB sind von solcher Eindringlichkeit und stehen dem Eindruck der Wirklichkeit so nahe, daß es sehr wohl verständlich erscheint, wenn in ähnlichen Fällen der volle Wirklichkeitseindruck erreicht werden kann (Demonstration).

Jolly und F. Chvostek konnten bei Gehörshalluzinanten galvanische Überregbarkeit des Hörnerven feststellen. Bei „Gesunden“ findet sich nach F. Chvostek im allgemeinen nur in 15 Prozent aller Fälle überhaupt eine Klangreaktion auf galvanische Reizung bei erträglichen Stromstärken. Bei 7 Tetaniekranken fand er sechsmal KS-Klang bei 2.0–5.0 MA, Vortr. bei 6 geprüften Eideckern sechsmal eine Klangreaktion am Acusticus bei ähnlich niedrigen Werten (KS Kl 0.6–3.8 MA); darunter besaßen 3 außer den optischen AB die so seltenen akustischen.

Es wird also die Frage des Zusammenhangs von AB und den Halluzinationen auf verschiedenen Sinnesgebieten näher zu prüfen sein.

Auch Hoche sowie Sommer haben darauf hingewiesen, daß der Symptomenkomplex funktioneller Psychosen in der psychischen Konstitution vielfach vorherbestimmt ist. Die Frage des Zusammenhangs zwischen AB und Halluzinationen ist auf dem Wege der einfachen Beobachtung aber zurzeit nicht ganz leicht zu klären; denn unter dem auf seine Konstitution untersuchten Material des psychologischen Institutes sind die Fälle wirklich krankhafter oder an das Krankhafte grenzender Art naturgemäß selten, andererseits fehlt beim klinischen Material doch meist die psychophysische Konstitutionsuntersuchung vor der Erkrankung.

Es sollte daher versucht werden, der Frage eines Zusammenhangs der eidetischen Anlage mit den Halluzinationen auf dem Wege des pharmakologischen Versuches näher zu kommen.

7. Der Pharmakologe L. Lewin hat zuerst im Jahre 1888 in der bis dahin für indifferent gehaltenen Pflanzenfamilie der Kakteen eine mexikanische, nach ihm benannte Art, *Anhalonium Lewinii*, die auf das Gehirn wirkt, kennen gelehrt und sie pharmakologisch und chemisch untersucht. Sie wird von den Eingeborenen Nordmexikos zu Berausungs- und Kultzwecken benutzt. Von ihr wurde unter anderem eine starke Beziehung zur optischen Sphäre festgestellt.

Herr Professor Lewin hatte die Freundlichkeit, uns die wertvolle Droge zur Verfügung zu stellen und auch für ihren Gebrauch die näheren Anweisungen zu erteilen. In ähnlicher Richtung bewegten sich schon die Versuche von Guttman und v. Hornbostel, die mit dem Präparat nach Anweisung von Lewin auf experimentellem Wege Halluzinationen von größter Deutlichkeit bei vollständig erhaltenem Bewußtsein und ohne sonstige Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens hervorriefen. Außer diesen Versuchen und den von Lewin selbst und zwei anderen Autoren in den Jahren 1888—97 veröffentlichten Beobachtungen, sowie einigen Versuchen aus der Kraepelinschen Klinik liegen neuere Erfahrungen mit dem Präparat nicht vor.

Besteht ein Zusammenhang zwischen den Halluzinationen und den von uns aufgestellten Konstitutionsstigmen, dann war zu vermuten, daß dieser Zusammenhang auch bei Versuchen mit der Droge hervortreten würde. Man konnte erwarten, daß das Präparat, welches bei großen Dosen (bis 7 gr) zu Halluzinationen führte, bei einheitlicher Verwendung kleiner Dosen (1 bis 2 gr) bei Nichteidetikern das Auftreten, bei Eidetikern aber eine Steigerung der hier schon normalerweise vorhandenen optischen Konstitutionsstigmen hervorrufen würde. Das hat sich denn auch in der Tat bestätigt.

Zu dem eidetischen Typus gehört nicht nur die Fähigkeit zu optischen AB im engeren Sinne, sondern überhaupt eine gesteigerte Anspruchsfähigkeit der optischen Sphäre; insbesondere sind, wie erwähnt, oft auch die physiologischen Nachbilder gesteigert und sicher in sehr vielen Fällen auch die visuellen Vorstellungsbilder. Die Steigerung der Nachbilder darf als die erste und niederste Stufe der eidetischen Anlage gelten.

Dementsprechend beobachteten wir bei unseren Versuchen mit *Anhalonium Lewinii* alle die erwähnten Modifikationen der optischen Funktionssphäre. Individuen¹ ohne eine Spur der eidetischen Anlage hatten nach Einnahme des Präparates physiologische Nachbilder von verlängerter Dauer und verstärkter Deutlichkeit, wie

1) Hierzu wurden Studenten als Versuchspersonen benutzt, die sich derartigen Versuchen bereitwillig unterzogen.

durch quantitative Untersuchungen über das periodische Auftauchen und Verschwinden der Nachbilder festgestellt wurde; z. B. wurden im Hering'schen Farbenkreis erst unter Anhaloniumwirkung im Nachbild die einzelnen Sektoren sichtbar, die vorher nicht zu sehen waren, das ganze Bild war jetzt länger sichtbar und deutlicher, die Farben leuchtender, in komplementärer Färbung zum Urbild. Die Untersuchungen des psychologischen Institutes hatten ergeben, daß bei schwacher eidetischer Anlage die Nachbilder und AB komplementär zum Urbild, bei stärkerer Anlage dagegen urbildmäßig gefärbt sind. Dementsprechend zeigte sich, daß Individuen, die infolge ihrer schwachen eidetischen Anlage nur komplementär gefärbte Bilder hatten, nach Einnahme des Anhaloniums auch urbildmäßig gefärbte sahen. Das Gleiche zeigte sich bei Individuen, die auf der Grenze, aber noch unterhalb der eidetischen Anlage standen, indem sie nur sehr lebhaftere Vorstellungsbilder besaßen; etwa 30 Minuten nach Einnahme der Droge traten hier deutlich urbildmäßig gefärbte AB auf, wenn ihre Dauer auch in Anbetracht der geringen Dose nur kurz war.

Bei einem Individuum mit guter eidetischer Anlage vom B-Typus nahm nun unter Wirkung der Droge schon das Nachbild groteske Formen an: Ein rotes Quadrat verwandelte sich in ein „rotes fettglänzendes Gesicht“. Selbst die wirklichen Wahrnehmungsgegenstände nahmen teilweise ungeheuerliche Formen an, immer bei vollständiger Erhaltung des Bewußtseins und der Selbstkritik.

Normalerweise schon kann eine in Rotation versetzte Spiralscheibe wie ein Kegel erscheinen, der entweder seine Spitze oder seine Basis dem Beobachter zukehrt, je nachdem die Scheibe in der einen oder der anderen Richtung gedreht wird. In diesem Falle nun hatte die Vp. das illusionäre Bild eines spitzzulaufenden Tunnels von mehreren Metern Tiefe, in welchem sie sich selber zu befinden schien. Die Wände des Tunnels schienen deutlich mit Tropfsteingebilden bedeckt zu sein. Bei umgekehrter Drehrichtung dagegen sah sie einen ungeheueren auf sich zugekehrten Kegel von mehreren Metern Höhe. Die Größe dieser Formen nahm mit Abklingen der Anhaloniumwirkung stufenweise ab.

Die Stimulation der optischen Sphäre zeigte sich auch in einer Steigerung der Empfindlichkeit gegenüber Helligkeitsunterschieden ganz ähnlich wie bei Strychnin. Wir wiesen dies nach durch Prüfung der Empfindlichkeit gegen ebenmerkliche Helligkeitsunterschiede. Wir benutzten den Lummer'schen Würfel, der in der Physik zu photometrischen Bestimmungen dient, um ebenmerkliche Helligkeitsunterschiede herzustellen. Die Prüfung erfolgte vor und nach der Einnahme des Präparates.

Weiter zeigte sich eine Steigerung der optischen Aufmerksamkeit, indem die Vpn. spontan angaben, daß sie viele Einzelheiten von im Zimmer vorhandenen Gegenständen jetzt beachteten, die ihnen vor Einnahme der Droge nicht aufgefallen waren.

Ebenso konnte eine gesteigerte Deutlichkeit der visuellen Vorstellungsbilder nachgewiesen werden. Sie ergab sich schon aus der spontanen Äußerung der Vpn., daß jetzt die Erinnerungsbilder an rein vorstellungsmäßig vergegenwärtigte Objekte von größerer Deutlichkeit seien, dann aber auch durch besondere Lernversuche mit Buchstabenkarres.

Die Wirkung von kleinen Dosen des Anhaloniums auf die optische Sphäre scheint eine fast spezifische zu sein; wenigstens ließen Schwellenuntersuchungen auf dem Gebiete des Tast- und Gehörsinnes bei unseren Vpn. auf diesen Sinnesgebieten keine Wirkung des Präparates erkennen. Guttmann und v. Hornböstel konstatierten dagegen bei ihren großen Dosen bis 7 gr außer den optischen Halluzinationen Parästhesien, Parästhesien und auto-kinetische Halluzinationen. Wie weit solches jedoch von der individuellen Anlage abhängt, soll noch weiter durch individual-psychologische Untersuchungen festgestellt werden. Verfügen wir doch über Vpn., welche außer auf optischem Gebiete auch Anschauungsbilder auf anderen Sinnesgebieten besitzen.

Was sonstige psychische Wirkungen anlangt, so trat eine Stimmungsexzitation ein, ähnlich der, die bei Alkoholwirkung beobachtet wird: Motorische Unruhe und geistige Lebhaftigkeit, Redseligkeit, unmotiviertes Lachen, ein gewisser Leichtsinn, kurz ein Wegfall von Hemmungen, der sich an den Versuchstagen noch Stunden nach Einnahme des Präparates bei einzelnen Vpn. auch durch Geldausgaben verriet, die sie sich nach eigener Angabe sonst erspart hätten. Hierzu trat als besondere Wirkung noch eine Art „Entrückungsgefühl“, das als äußerst angenehm zu bezeichnen ist: Man fühlt sich gewissermaßen der Erdschwere enthoben. Bei manchen Vpn. dagegen trat statt der Exzitation eine große Müdigkeit auf.

Von somatischen Wirkungen ist wenig zu bemerken. Die Blutdruckprüfung ergab, wenigstens bei den geringen Dosen, bis jetzt kein eindeutiges Resultat, konstant dagegen war eine Verlangsamung der Pulszahl, die ziemlich parallel mit der optischen Wirkung ging, mit ihr einsetzte und verschwand.

Irgend welche ernstere Beschwerden traten zu keiner Zeit auf, die größte Wirkung war etwa eine Stunde nach Einnahme der Droge.

Im allgemeinen macht sich keine unangenehme Nachwirkung

bemerkbar.¹ Die Versuche sollen fortgesetzt werden; insbesondere wird zu erproben sein, ob dem Mittel vielleicht auch in gewissen Fällen eine klinische Bedeutung zukommt. Man könnte an Fälle denken, wo ähnlich wie durch Strychnin eine Steigerung der Sehschärfe erstrebt wird, oder aber eine Belebung der Vorstellungstätigkeit, deren völliges Fehlen ja bei manchen Melancholien eine Hauptklage der betreffenden Patienten bildet. Vielleicht könnte hier die Anhaloniumwirkung im Sinne einer Uebung ausgenutzt werden, oder es könnte doch wenigstens dem Patienten gezeigt werden, daß sein Vorstellungsleben nicht erloschen ist. Hierdurch könnte er unter Umständen einer weiteren geeigneten Beeinflussung zugänglicher gemacht werden. Bei diesen künftigen Versuchen wird besonders auf die bei manchen Eidetikern schon in den AB zutage tretenden verschiedenen charakteristischen Eigenschaften geachtet werden müssen: Einerseits die Starrheit, Perseveranz, den mitunter angreifenden Charakter einzelner AB, die bei manchen Typen zutage tretende Selektion, die Zwangsmäßigkeit im Auftreten bestimmter Bilder, ferner andererseits auf die Willkürlichkeit und die mannigfachen, oft kaleidoskopartigen Veränderungen der AB bei anderen Eidetikern, deren buntschillernde Vielheit und Schnelligkeit der Abwandlung mitunter ein Analogon der Ideenflucht zu sein scheint. Diese zwei besonders hervortretenden gegensätzlichen Typen der eidetischen Anlage, die sich nach unseren Untersuchungen auch somatisch unterscheiden, werden einer eingehenden Betrachtung unter der Wirkung des Anhalonium Lewinii unterzogen werden müssen. Vielleicht, daß sich dann mittels solcher Beobachtungen ein Weg eröffnet, der zu neuen Abgrenzungen wenigstens im Gebiete von halluzinatorischen Erkrankungen führen könnte, wie dies Hoche und Sommer in ihren Bemerkungen über Individualpsychologie und Psychiatrie bereits als möglich angedeutet haben. Uebrigens hat Sommer ebenfalls darauf hingewiesen, daß bei Delirium tremens die Neigung zu Visionen, und illusionärer Verkennung optischer Eindrücke bei verschiedenen Individuen verschieden ausgeprägt ist (Eidetiker?). Es liegt nahe, diese Verhältnisse nach den hier verwandten Methoden und besonderer Berücksichtigung des eidetischen Typus unter Verwendung auch praktisch wichtigerer Gifte, etwa des Alkohols durchzuführen.

8. Die Versuche sind zugleich ein kleiner Beitrag zu der Frage von Konstitution und Giftwirkung. Es findet hier unter dem Einflusse einer Droge gleichsam eine Verschiebung im Sinne eines

1) Vortr. hat auch selbst keinerlei schädliche Wirkungen verspüren können.

Konstitutionsstigmas statt. Individuen, bei denen es nicht andeutungsweise vorhanden ist, zeigen es nach der Einnahme in schwacher Form. Solche, die den Stigmatisierten nahe stehen, treten während der Wirkungsdauer in den Kreis der Stigmatisierten ein. Bei letzteren selbst erfährt das Stigma bei der gleichen Dosis eine bedeutende Steigerung. Das Gift produziert also hier etwas, was normalerweise auch der Organismus hervorbringt, da derselbe doch die verschiedenen Grade der Stigmen darbieten kann. Man könnte mit Vorsicht hieraus den Schluß ziehen, daß die Giftwirkung hier schon eine aktive Reaktion des Organismus darstellt, wie ja solche aktive Reaktionswirkungen in der Physiologie und der Klinik auf verschiedenen Gebieten angenommen werden.

9. Diese Untersuchungen bewegen sich im Sinne des Programms einer gleichzeitig psychologischen und physiologisch-klinischen, d. h. also psychophysischen Konstitutionsforschung. Es zeigt sich eine Beziehung zwischen der Beschaffenheit des Vorstellungslebens und der Funktion von Organen der inneren Sekretion.

Da die T- und B-Typen mit Tetanie und Basedowoid zusammenhängen, andererseits aber in besonderer Ausprägung ein normaler Charakter einer gewissen Jugendepoche sind, so wird wegen der Wechselwirkung der endokrinen Drüsen bei der Fortführung der Untersuchungen auch auf mögliche Zusammenhänge mit der Steinach'schen Entdeckung zu achten sein.

In der Diskussion sprachen die Herren Tuczek, F. Hofmann, E. R. Jaensch, Hellwig, Bessau, Walther Jaensch.

Eingegangen: 15. 12. 20.

(Aus dem anatomischen Institut der Universität Marburg a. L.)

Otto Veit:

Ueber einen menschlichen Embryo aus dem Anfang der 4. Woche.

(Vorläufige Mitteilung.)

Die Befunde, über welche ich kurz berichten möchte, wurden erhoben bei dem Studium einer jungen menschlichen Gravidität aus der vierten Schwangerschaftswoche. Bei einer 36jährigen Frau war zwecks Unterbrechung bestehender Gravidität und zwecks Sterilisierung wegen Lungentuberkulose in der hiesigen Frauenklinik die vaginale Uterusexstirpation ausgeführt worden. Das Präparat wurde in dankenswerter Weise mit Zustimmung von Herrn Prof. Z a n g e m e i s t e r zur technischen Verarbeitung der hiesigen Anatomie übergeben und wird nunmehr von Herrn Prof. E s c h und mir gemeinsam durchgearbeitet. Die Untersuchung ist noch durchaus nicht abgeschlossen. Es haben sich aber schon eine Reihe recht interessanter und, wie uns scheinen will, nicht unwichtiger Befunde ergeben, über welche hier, der in Vorbereitung befindlichen ausführlichen Darstellung vorgreifend, berichtet werden soll.

Die erste Aufgabe, welche nach der Gewinnung des Präparates an uns herantrat, war die eine geeignete Fixierung auszuführen. Die Technik der Fixierung und die Wahl der Fixierungsflüssigkeit sind von grundlegender Bedeutung bei einem jeden Präparat, ganz besonders aber bei einem so wertvollen Objekt, welches immerhin zu den Seltenheiten gehört und deshalb nach allen Richtungen hin untersucht werden muß. Wir entschlossen uns nach reiflicher Ueberlegung, hier und auch stets bei der weiteren Bearbeitung unterstützt und beraten durch meinen verstorbenen Lehrer Herrn Geh. Rat G a s s e r, die Fixation in situ im geschlossenen Uterus vorzunehmen. Will man eine gute Fixation des Embryo selbst durchführen, wie er bei älteren Graviditäten im Vordergrund des Interesses steht, so ist es fraglos richtiger den Uterus und die Eikammer zu öffnen, sodaß die Fixierungsflüssigkeit sofort auf das Embryonalgebilde einwirken kann. Bei so jugendlichen Graviditäten wie in unserem Falle ist aber das Studium der Eihäute und ihrer Beziehungen zur Uteruswand von ebenso großem Interesse wie das des Embryo. Wir haben deshalb die Fixierung im geschlossenen Uterus vorgenommen, um die Eihäute in ihrer natürlichen Lage

Sitzungsberichte der Ges. z. Beförd. der ges. Naturwiss. zu Marburg.

und Verbindung zu erhalten. Wir mußten allerdings dabei in Kauf nehmen, daß die Fixation der Eikammer und ihres Inhaltes erfolgte unter dem Druck der Uterusmuskulatur. Es schien uns dies das kleinere Uebel zu sein gegenüber der Gefahr, daß bei Oeffnung des Uterus vor der Fixierung durch Kontraktion der Muskelschicht der Uteruswandung die Eikammer im ganzen in ihrem Bett gelockert werden könnte. Um zu erreichen, daß das Fixierungsgemisch doch einigermaßen rasch an den Eikammerinhalt gelangen konnte, wurde durch einen rückläufigen Uteruskatheter das Uteruslumen mit der Fixierungslösung durchspült und die Fixierungslösung selbst auf Körpertemperatur vorgewärmt. Mit Absicht wurde abgesehen von der Fixierung auf dem Wege der uterinen Blutgefäße durch Injektion von den Stümpfen der Arteriae uterinae aus, da hierbei die Gefahr der Störung der Verbindung von fetalem und maternem Gewebe kaum zu vermeiden sein dürfte.

Als Fixierungslösung wählten wir die Müller'sche Lösung in Verbindung mit Formol in einer Stärke, daß die Mischung 4% Formaldehyd enthielt. Formalin ist bei der Fixierung größerer Gewebsmassen das souveräne Fixierungsmittel einmal wegen der hohen Diffusionsgeschwindigkeit, dann aber auch, weil es beim Eindringen von der Außenseite her keine so harten, schwer durchdringbaren Krusten erzeugt, wie viele unserer sonstigen, bei kleinen Gewebsstücken dem Formalin überlegenen Fixationsmittel. Eine Chromsalzlösung, eben die Müller'sche Flüssigkeit, wurde zur erforderlichen Verdünnung des Formols auf das 10fache der im Handel befindlichen Stammlösung benutzt, weil erfahrungsgemäß feinere Plasmastrukturen, namentlich Zellausläufer, bei mit Chromsalzen fixierten Präparaten sich besonders gut darstellen lassen. Auf Grund dieser Ueberlegungen wurde nun das ganze bei der Operation gewonnene Präparat nach Durchspülung der Uterushöhle eingelegt in Müller-Formol, später in Formol-Alkohol (2% bzw. 60%) und dann im Laufe der nächsten Wochen in bis zu 96% steigendem Alkohol gehärtet.

Es mußte nun zur Oeffnung des Uterus geschritten werden. Da es bei der Betrachtung des frisch gewonnenen Präparates so ausgesehen hatte, als ob die hintere Wand stärker mit Blut versorgt gewesen war als die vordere, und weil die hintere Wand ein wenig stärker gewölbt schien als die vordere, vermuteten wir den Sitz der Gravidität in der hinteren Wand. Es wurde deshalb vorsichtig der Uterus durch einen Frontalschnitt in vordere und hintere Hälfte zerlegt. Das Glück war uns günstig: es gelang die Zerlegung ohne Verletzung der Eikammer. Die Betrachtung der beiden Uterushälften ergab folgendes Bild: die vordere Hälfte zeigt das charakteristische Bild der Schwangerschaftsveränderung. Die Uterus-

schleimhaut ist zu einer mehrere Millimeter dicken Schicht verdickt und zeigt die typische grobe Felderung, welche als Schwangerschaftsfelderung bekannt ist. Die hintere Wand zeigt im allgemeinen das gleiche Bild, doch finden wir hier etwa in der Mitte der hinteren Wand die Eikammer. Sie springt als fast kreisrunde, abgeplattete Vorwölbung gegen das Uteruslumen vor, gegen die umgebende Schleimhaut unvollkommen abgegrenzt durch tiefere Schleimhautfurchen. Eine Felderung der Schleimhaut findet sich im Eikammerbezirk nicht. Die Schleimhaut im ganzen Eikammerbezirk, die Decidua capsularis, erscheint dunkelrot verfärbt wie durchblutet. Ihre äußere Oberfläche ist aber vollkommen glatt ohne irgendwie erkennbare Verletzung. Der abgeplatteten Eikammervorwölbung der hinteren Wand entsprechend weist die vordere Wand eine leichte grubenförmige Vertiefung auf.

Die nächste Aufgabe war nun die Eikammer zu öffnen und das Embryonalgebilde freizulegen. Es wurde mit spitzer Schere und Pinzette der Eikammerdeckel abgehoben und so die Chorionhöhle eröffnet. Es klingt dies sehr einfach, ist aber bei der Kleinheit des Objektes und der durch Fixierung und nachfolgende Alkoholbehandlung erheblichen Härte des Gewebes eine recht heikle Operation, welche eine sehr ruhige und geschickte Hand erfordert. Wir sind hier der erfahrenen Hilfe des verstorbenen Herrn Geh. Rat Strahl zu außerordentlichem Dank verpflichtet. Ihm gelang, dank seiner großen Erfahrung, die Oeffnung der Eihöhle ohne die geringste Schädigung. Zunächst bot sich dem gespannten Blicke nichts als eine glasige zähe Gallerte, das Magma reticulare. Dieses wurde mit äußerster Vorsicht durch einen weichen Pinsel entfernt und so das Embryonalgebilde freigelegt, welches der hinteren Wand der Eihöhle fest anhaftete. Während die Eihöhle in der Richtung von oben nach unten und von rechts nach links einen Innendurchmesser von 13 bzw. 11 mm zeigte (der Durchmesser von vorn nach hinten konnte naturgemäß nicht gemessen werden, war aber sicher geringer und jedenfalls auch beeinflusst von der Fixation im geschlossenen Uterus, worauf auch die Abplattung der ganzen Eikammer hinweist), zeigte sich ein kleiner Embryo von nur ca. $2\frac{1}{2}$ mm größter Länge (nach der Schnittserie später berechnet zu 2,3 mm). Der Embryo mit seinem Dottersack liegt mit der linken Seite der Rückwand der Eihöhle dicht an, an diese fixiert durch einen kurzen dicken Bauchstiel. Nur die rechte Seite war also zu übersehen. Der Dottersack, dessen größter Durchmesser ca. $2\frac{1}{4}$ mm betrug, war zusammengefallen, seine Oberfläche höckerig. Einzelheiten waren nicht zu erkennen, da Magmareste an der rauhen Oberfläche hafteten. Der Embryo liegt dem Dottersack mit seiner Ventralfläche breit auf, umschlossen von einem eng anliegenden

durchsichtigen Amnion. Im ganzen ist der Embryo leicht über die Bauchfläche gekrümmt, das Schwanzende stark abgebogen und gegen Dottersack und Bauchstiel nicht weiter genau zu verfolgen, da auch hier Magmareste den weiteren Einblick hindern. Das Kopfende ist vom Dottersack deutlich abgehoben. Man erkennt bei Lupenbetrachtung gut eine tiefe Medullarrinne auf der Dorsalfläche des Kopfendes. Das Kopfende liegt nicht völlig in der graden Fortsetzung des Rumpfes, sondern ist leicht dorsal aufgebogen über der Herzanlage, welche als Wulstung zwischen Dottersack und Kopfende erkennbar ist. Ueber die Herzanlage springt das Kopfende ein wenig frei vor. Das Amnion umgibt den Embryo als enger durchsichtiger Sack; nur am Kopfende ist die Amnionhöhle als enger Spalt zu erkennen. Das waren die Einzelheiten, die zunächst mit bloßem Auge und mit Lupe zu erkennen waren.

Es wurde nun der Eikammerbezirk mit der anschließenden Uteruswand bis in die Muskulatur herein als Block herausgeschnitten, in Paraffin eingebettet und genau quer zur Längsachse des Embryo in eine lückenlose 10 μ Serie zerlegt. Bei der weiteren Verarbeitung wurden dann in der üblichen Weise nach der Serie graphische und plastische Rekonstruktionen ausgeführt, um über den Embryo im ganzen und den Ausbildungsgrad der Organanlagen ein klares Bild zu bekommen.

Ich möchte nun kurz über einige Besonderheiten berichten. Der Embryo steht seiner allgemeinen Entwicklung nach nahe einigen Embryonen aus der dritten und vierten Woche der Gravidität. Sein Alter ist zu taxieren auf 22 bis 24 Tage nach den Daten der Menstruation (die Operation wurde ausgeführt am 40. Tage nach Beginn der letzten Menstruation). Es sind die wichtigsten Organe des Embryonalkörpers angelegt. Wir finden ein Zentralnervensystem, welches im mittleren Teil des Embryo zum Rückenmark geschlossen ist, nach dem Kopfende zu übergeht in die dorsal noch völlig offene Hirnanlage, an welcher aber die primitive Gliederung in Vorder-, Mittel- und Hinterhirn schon erkannt werden kann. Auch nach caudal zu öffnet sich die Rückenmarksanlage und bildet hier eine zunächst tiefe, dann allmählich sich abflachende und langsam verstreichende Medullarrinne. Anlagen von Sinnesorganen sind nicht zu erkennen, vielleicht ist die erste Andeutung einer Augengrube auf der rechten Seite vorhanden. Vom peripheren Nervensystem sind Ganglienanlagen beiderseits am Hinterhirn nachweisbar. Im Dach des Rückenmarks sind die allerersten Anfänge von Spinalganglienbildung erkennbar. Die Wand des Zentralnervensystems besteht noch aus einem Zellsyncytium ohne weitere Differenzierung. Unter dem Nervensystem finden wir den Darm, wel-

cher am Kopfende ventral abgeschlossen ist als Vorderdarm, im Schwanzende als Hinterdarm, während er im ganzen dazwischen liegenden Teil mit dem Dottersack in breitester Verbindung steht. Das verjüngte Ende des Vorderdarmes legt sich direkt caudal des vorderen Hirnendes für eine sehr kurze Strecke an die Epidermis heran. Hier ist eine Rachenmembran in Bildung begriffen. Am Vorderdarm ist die erste entodermale Kiementasche angelegt, die zweite eben erkennbar; Kiemenfurchen bestehen noch nicht. Am Hinterdarmende besteht auf eine etwas längere Strecke eine Verbindung der ventralen Darmwand mit der Epidermis zur Bildung der Kloakenplatte. Cranial der Kloakenplatte finden wir eine schlauchförmige Ausstülpung der ventralen Darmwand in die Gewebsmasse des Bauchstieles, die entodermale Allantois. Die Chorda dorsalis ist vollkommen in die dorsale Darmwand eingeschaltet, nur ihr caudalstes Ende liegt dorsal der Darmwand und läuft hier gegen die Medullaranlage aus. Das Gefäßsystem ist schon relativ weit differenziert. Wir haben einen s-förmig gekrümmten Herzschnlauch mit abgehenden Aortenwurzeln, paarige Aorten, Abgang großer Umbilicalarterien in den Bauchstiel. In das venöse Ende des Herzschnlauches mündet jederseits der Truncus vitelloumbilicalis, aus der Vereinigung der Vena umbilicalis und Venae vitellinae entstanden. Im Bauchstiel ist ein weitmaschiges Gefäßnetz entwickelt zwischen Nabelarterien und Nabelvenen mit Ausbreitung durch Capillaren in dem nächst benachbarten Bezirk des Chorion und seiner Zotten. Wir haben also ein Gefäßsystem einfachster Form vor uns. Die Verfolgung der Blutgefäße stößt aber auf erhebliche Schwierigkeiten, weil die rechte Nabelarterie bei ihrem Abgang aus der Aorta eingerissen ist, sodaß das Blut zum Teil in den Dottersack abgeflossen ist. Es ist mir auch bisher noch fraglich geblieben, ob überhaupt schon ein geschlossener Kreislauf ausgebildet ist, oder ob nicht vielmehr in diesem Stadium das Blut durch die Herzkontraktionen nur hin und her bewegt wird. Ich finde die rechte Vena umbilicalis noch sicher ohne Verbindung zum Gefäßnetz des Bauchstieles, während die linke Nabelvene vielleicht eine Verbindung besitzt. Es sollen diese Verhältnisse später in der geplanten ausführlichen Bearbeitung eingehend erörtert werden. Den Raum zwischen äußerer Haut und Darmwand beiderseits des Nervensystems nimmt das mittlere Keimblatt ein, welches im allgemeinen noch sehr einfache Verhältnisse aufweist. Auf das mittlere Keimblatt soll gleich nachher noch ausführlicher eingegangen werden, sodaß hier der kurze Hinweis genüge. Wir haben also im Ganzen betrachtet ein sehr einfaches Frühstadium eines menschlichen Embryo vor uns.

Was nun einige Besonderheiten anbelangt, so ist zunächst die Körperform im ganzen zu erwähnen. Wir finden eine außerordent-

lich auffallende Asymmetrie des Kopfendes¹⁾. Die linke Hälfte der Hirnanlage überragt die rechte um 13 Schnitte, also um 0,013 mm. Die rechte Hirnhälfte ist dafür etwas dicker. Auf den ersten Blick würde man geneigt sein hier eine Abnormität oder ein Kunstprodukt zu wittern. Gegen die Vermutung, daß ein Kunstprodukt vorliegt, spricht die Art der Gewinnung des Objektes; auch ist bei genauer Durchsicht der Serie nichts zu finden, was auf eine künstliche Deformierung hinweist. Schwieriger ist die Frage zu beurteilen, ob eine Abnormität vorliegt. Bei der außerordentlichen Seltenheit gut fixierter junger Embryonen muß man sich hüten, einen etwas auffallenden Befund einfach als Abnormität abzutun. Es war uns nun sehr auffallend bei Durchsicht der Litteratur Abbildungen menschlicher Embryonen aus dieser Zeit der Entwicklung zu finden, welche ebenfalls ein ausgesprochen asymmetrisches Hirnende zeigten, ohne daß in den Beschreibungen hierauf besonders hingewiesen wurde. So ist das vordere Hirnende des bekannten Embryo Krömer-Pfannenstiel²⁾, welcher nur wenig jünger ist als unser Objekt, ausgesprochen asymmetrisch im gleichen Sinne wie bei unserem Embryo. Ebenso ist der von Dandy³⁾ beschriebene Embryo Nr. 391 der Mall'schen Sammlung asymmetrisch, nur daß hier die rechte Hirnhälfte schmaler und länger ist als die linke. Andere Embryone etwas jünger und älteren Entwicklungsgrades zeigen auch angedeutet Asymmetrien des Hirnendes. Doch sind die Bilder uns nicht einwandfrei genug um darauf weitgehende Schlüsse aufzubauen, zumal die Autoren auf solche Asymmetrien bisher nicht geachtet haben. Einen Affenembryo (*Semnopithecus maurus* 1,3 mm), mit asymmetrischem Hirnende bildet Keibel ab⁴⁾. Wichtig ist uns, daß wir auf Grund des wenigen bisher Bekannten die starke Asymmetrie unseres Präparates nicht unbedingt für abnorm halten müssen. Die Frage erhebt sich, kommt dieser Asymmetrie eine besondere Bedeutung zu. Eins ist sicher, daß rein formal die Asymmetrie sich in den nächsten Stunden und Tagen mehr oder weniger völlig ausgleichen muß. Denn

1) Die Abbildung eines Modelles des Embryonalkörpers im Ganzen findet sich in: Veit, O., Kopfganglienleisten bei einem menschlichen Embryo von 8 Somitenpaaren. Anatomische Hefte, Band 56, 1918.

2) Grosser, O., Zur Entwicklung des Vorderdarmes menschlicher Embryonen bis 5 mm größter Länge. Sitzungsber. Kaiserl. Akademie der Wissensch. in Wien, mathem.-naturwiss. Klasse. Band 120, Abt. III, 1911, Tafel 1, Fig. 3.

3) Dandy, W. E., A human embryo with seven pairs of somites. Americ. journal of anatomy, X. 1910.

4) Keibel, Fr., Die äußere Körperform und der Entwicklungsgrad der Organe bei Affenembryonen. Menschenaffen, herausg. von E. Selenka, 9. Lieferung, Wiesbaden 1906.

die relativ große Anzahl von Embryonen aus der fünften und sechsten Woche der Gravidität zeigen keine in die Augen fallende Asymmetrie. Doch dürfen wir vielleicht dieser Asymmetrie trotzdem eine gewisse Bedeutung beilegen. Sieht man unser Präparat allein an, so muß es jedem Anatomen auffallen, daß es die linke Hirnhälfte ist, welche die rechte überragt. Unwillkürlich denkt man dabei an die spezifisch menschliche Eigenschaft der Rechtshändigkeit. Wir wissen, worauf Gaupp¹⁾ besonders in einem ausführlichen kritischen Aufsatz aus dem Jahre 1909 hingewiesen hat, daß als einzig mögliche Erklärung der Rechtshändigkeit des Menschen eine cerebrale Ursache angenommen werden muß. Es wäre natürlich vermessen auf Grund dieses einen Präparates eine Theorie der Genese der Rechtshändigkeit aufstellen zu wollen; wir wollen nur auf diesen Punkt hinweisen, damit in Zukunft etwas genauer auf Asymmetrien am Kopfende menschlicher Embryonen geachtet wird.

Auffallend ist auch, daß unser Embryo mit seiner linken Seite dem Chorion der Decidua basalis anliegt. Da bis zu dem vorliegenden Entwicklungsstadium bei dem Fehlen eines fertig ausgebildeten Chorionkreislaufes die Ernährung des Embryo nur auf dem Wege der Osmose und Diffusion erfolgen kann, wäre man geneigt hierin eine Erklärung zu suchen, warum gerade in diesem Stadium das stark wachsende Gehirn in seiner linken Hälfte im Größenwachstum voraneilt, während in den nächsten Stunden und Tagen mit Ausbildung eines ergiebigen Chorionkreislaufes diese Bevorzugung der linken Hirnhälfte fortfällt. Es ist hier darauf hinzuweisen, daß bei dem erwähnten Embryo Nr. 391 von Mall, soweit aus den Abbildungen zu ersehen ist, der Bauchstiel nach rechts rückwärts abgeht, sodaß wohl der Embryo mit seiner rechten Seite der Plazentartaste anlag. Bei dem Embryo Krömer-Pfannenstiel geht der Bauchstiel, den Abbildungen nach, direkt nach rückwärts ab, sodaß hier nicht klar zu ersehen ist, mit welcher Seite der Embryo der Uteruswand zugekehrt war. Bei dem Mangel ausreichenden Vergleichsmaterials müssen wir uns mit diesem Hinweis begnügen und es zukünftigen Untersuchungen überlassen zu entscheiden, ob die Asymmetrie des Hirnendes in funktioneller und mechanischer Hinsicht in der Richtung zu deuten ist, die wir hier andeuteten.

Ein weiterer Befund der Körperform ist noch besonderer Erwähnung wert. Unser Embryo besitzt eine ausgesprochene Rückenbeuge. Auf Grund älterer Befunde von menschlichen Embryonen, wie sie namentlich in den bekannten Arbeiten von His, v. Spee,

1) Gaupp, E., Ueber die Rechtshändigkeit des Menschen. Jena 1909.

K o l l m a n n , E t e r n o d , niedergelegt sind, galt lange Zeit eine Rückensenke im ersten Graviditätsmonate für eine spezifisch menschliche Erscheinung. In erster Linie K e i b e l hat stets und immer wieder darauf hingewiesen, daß dieser H i s'sche Rückenknick ein Kunstprodukt sei infolge mangelhafter Fixierung oder Fixierung schon abgestorbener erweichter Früchte. Es liegt auch die H i s'sche Rückensenke stets an der dünnsten widerstandsunfähigsten Stelle des Embryonalkörpers in Höhe des 8.—10. Somiten. Gerade hier kann der Embryo leicht deformiert werden durch den Zug von Dottersack und Bauchstiel. Wenn auch K e i b e l in seiner letzten Mitteilung aus dem Jahre 1906 ¹⁾ auf Grund von Befunden an Affenembryonen aus dem Nachlaß von S e l e n k a sich etwas zurückhaltender ausgedrückt hat, so glauben wir doch daran festhalten zu müssen, daß der H i s'sche Rückenknick ein Kunstprodukt ist. Ganz anders ist u. E. die Rückenbeuge unseres Präparates zu beurteilen. Sie liegt einmal weiter cranial als der H i s'sche Rückenknick, dann handelt es sich hier überhaupt nicht um einen Rückenknick, sondern um eine dorsal gerichtete Aufbiegung des Hirnendes, beruhend auf dem relativ mächtigen Höhendurchmesser der Hirnanlage, welche den Herzwulst erst eben cranial zu überragen beginnt. Diese Rückenbeuge wird sich sehr rasch ausgleichen, sobald das Hirn stärker in die Länge wächst und sich dabei um Vorderdarm und Herz herumschiebt. Auf dem relativ erheblichen Längenzuwachstum des Zentralnervensystems beruht bekanntlich überhaupt die starke Zusammenkrümmung des ganzen Embryonalkörpers in der 4.—8. Embryonalwoche. Wir möchten also die Rückenbeuge derart, wie sie unser Präparat zeigt, für eine rasch vorübergehende Entwicklungserscheinung halten, jedenfalls sie nicht verglichen wissen mit dem H i s'schen Rückenknick, den wir unbedingt für ein Kunstprodukt halten.

Ich möchte nun noch über einen weiteren Spezialbefund berichten, der vergleichend-embryologisch von Interesse ist. Es handelt sich um einen Befund am mittleren Keimblatt, dem Mesoderm. Das mittlere Keimblatt bildet im allgemeinen noch eine einheitlich geschlossene Gewebsmasse beiderseits des Zentralnervensystemes zwischen Darmwand und äußerer Körperdecke. Wohl finden wir schon stellenweise Auflockerungserscheinungen im Mesoderm als Vorboten der demnächst erfolgenden Mesenchymbildung. Wohl finden wir schon ganz vereinzelt einzelne Zellen als Mesenchymzellen gelöst aus dem Verbande des mittleren Keimblattes. Im allgemeinen ergibt aber das Mesoderm ein primitives Bild geschlossener Zellmassen. Im Rumpf- und Schwanz-Gebiet gliedert sich das Meso-

1) L. c.

derm in typischer Weise in Stammplatte und Seitenplatte. Im mittleren Teil der Embryonalanlage zerfällt die Stammplatte durch quere Spalten in kleine Würfel, die Somite, welche durch recht unregelmäßig gestaltete Somitenstiele mit den nicht gegliederten Seitenplatten verbunden sind. Wir finden so jederseits 8 Somite ausgebildet, ein neuntes kaudales in Abgliederung begriffen. In den Seitenplatten ist der Coelomspalt aufgetreten, welcher schon breit mit dem Exocoelom in Verbindung steht. Es ist dieses bisher beschriebene Bild so, wie wir es nach unseren bisherigen Kenntnissen erwarten müssen. Es ergab sich nun ein etwas auffallender Befund für das Mesoderm kranial des ersten Somiten. Durchweg wird in der Literatur angegeben, daß vor dem ersten Somiten zwar die Seitenplatte mit ihrem Coelomspalt sich in das Vorderende hin fortsetzt, daß im Gebiet der Herzanlage die Seitenplatten ventral des Darmes sich bis zur Berührung nähern und die Coelomspalten jeder Seite ventral des Vorderdarmes zusammenfließen zur Bildung der Pericardialhöhle, daß aber der den Stammplatten entsprechende Teil des Mesoderms nicht als solcher sich findet, sondern statt dessen nur lockeres Mesenchymgewebe. Was die Seitenplatten und die Pericardialhöhle anbelangt, so verhält sich unser Embryo so, wie es allgemein angegeben wird. Dagegen zeigen die Stammplatten ein sehr typisches und in vergleichender Hinsicht wichtiges primitives Verhalten. Cranial des ersten Somiten finden wir eine Stammplatte, welche sich in direktem Anschluß an den ersten Somiten bis in das vorderste Ende des Embryonalkörpers fortsetzt; Kopfplatte, und durch eine verdünnte Stielzone mit der dorso-medialen Kante der Seitenplatte verbindet. Je weiter wir gegen das Vorderende hinkommen, desto höher ist nur die Stielzone in dorso-ventraler Richtung entwickelt, um um den Rand des breiten und hohen Kopfdarmes herum die Verbindung zwischen Stammplatte und Seitenplatte herzustellen. Die Stielzone besteht aber aus einer geschlossenen Zellplatte, welche vollkommen verglichen werden muß mit den gegliederten Somitenstielen der Körpermitte. Die Stammplatte selbst besteht aus Zellmassen, die eine geschlossene Einheit bilden, nur, je weiter wir nach dem Kopfende zu kommen, sich umso mehr auflockern als Vorstufe der Bildung von Mesenchym. Somitengrenzen sind in der Stammplatte direkt anschließend vor dem 1. Somiten andeutungsweise zu erkennen, sodaß selbst ein rudimentärer Somit vor dem ersten wohlgebildeten Somiten sich unvollkommen abgrenzen läßt. Doch sind die Andeutungen der Somitengrenzen immerhin sehr vage. Dieser Befund einer Stammplatte des Mesoderms und eines rudimentären Somiten im Kopfteil des Embryo scheint mir von erheblichem Interesse zu sein. F r o r i e p hat in jahrlangen Untersuchungen sich mit der Frage der Entwick-

lung des Kopfes der Wirbeltiere beschäftigt und in zahlreichen Einzelarbeiten in den 80er und 90er Jahren wichtige Beobachtungen niedergelegt über Teilerscheinungen bei der Kopfentwicklung der Wirbeltiere. In einer kurzen inhaltreichen Arbeit aus dem Jahre 1902¹⁾ hat er Befunde mitgeteilt, welche mir entscheidend zu sein scheinen für unsere Auffassung der Entstehung des Wirbeltierkopfes. Es handelt sich um Befunde, die sich ergaben beim Studium der Entwicklung eines Rochens, *Torpedo ocellata*. Diese Befunde sind m. E. von eminenter Bedeutung, aber durchaus nicht ihrer Bedeutung entsprechend in der späteren Literatur gewürdigt. Ich selbst habe schon mehrfach in deutlicher Weise mich als Anhänger der Froiep'schen Auffassung bekannt und bin, wie ich gern zugebe, in dieser Hinsicht schon erheblich vorbelastet²⁾. Ich glaube aber doch, daß eine Nachprüfung den Befund, wie ich ihn bei unserem Präparat geschildert habe, für richtig erweisen wird. Der Befund ist m. E. nur in folgender Weise zu deuten. Genau wie bei *Torpedo* erstreckt sich selbst noch beim Menschen das Mesoderm gegliedert in Stammplatte und Seitenplatte durch den ganzen Embryonalkörper bis an das vorderste Ende. Es kommt aber im Gegensatz zu dem Bilde bei *Torpedo* beim Menschen und das gilt, soweit ich ein Urteil habe, für die Embryonen aller höheren Wirbeltiere durchweg³⁾, nicht mehr zu einer Zerlegung der Stammplatte im Bereich des Kopfgebietes, zur Abgliederung von Somiten, sondern ehe die Somitengliederung sich bis hierher erstreckt hat, löst sich die Stammplatte in Mesenchym auf. Was also bei *Torpedo* der Somitenbildung im Cranialende des Embryonalkörpers folgt, setzt bei den höheren Wirbeltieren so frühzeitig ein, daß überhaupt eine Somitenbildung nicht mehr stattfinden kann. Im Prinzip erstreckt sich aber die Stammplatte selbst noch beim Menschen bis in das vorderste Ende des embryonalen Körpers. Es scheint mir dieser Befund eine sehr wesentliche Stütze der wichtigen Froiep'schen Theorie über die Entstehung des Wirbeltierkopfes zu sein.

Noch ein weiterer Befund über die Herkunft des Mesenchymes des Kopfgebietes ist von Interesse. Nicht nur von der Stammplatte

1) Froiep, A., Zur Entwicklungsgeschichte des Wirbeltierkopfes. Verhandl. d. anatom. Gesellsch., 1902.

2) Veit, O., Zur Theorie des Wirbeltierkopfes, Anatom. Anz., Bd. 49, 1916.

3) In den älteren und einigen neueren Lehrbüchern der Entwicklungsgeschichte wird die Bildung einer Kopfplatte des Mesoderms vor dem 1. Somiten durchweg beschrieben und abgebildet, über die Bedeutung nichts weiter gesagt. Dandy beschreibt l. c. bei dem Embryo Nr. 391 der Mall'schen Sammlung einen rudimentären Somiten cranial des 1. gut ausgebildeten Somiten, bildet selbst cranial davon noch die mesodermale Kopfplatte ab, ohne die Bedeutung dieses Befundes zu würdigen.

aus entsteht Mesenchym, sondern es beteiligt sich an der Bildung des Kopfmesenchymes in erheblichem Maße auch die Epidermis und die Ganglienleiste des Vorderkopfes. Ich habe früher¹⁾ die Vorderkopfganglienleiste, wie sie unser Embryo zeigt, genauer beschrieben und nachgewiesen, daß ihr Zellmaterial sich in Mesenchym auflöst unter Mischung mit dem Mesenchym mesodermaler Herkunft. Aber auch die Epidermis läßt von ihrer Unterseite Zellmaterial sich abspalten, welches dem mesodermalen Mesenchym sich beimischt und dann naturgemäß nicht weiter verfolgt werden kann, da wir Mesenchymzellen ihren Ursprungsort nicht mehr ansehen können. Wir finden Bildung von Mesenchymzellen aus der Epidermis in Form von einzeln sich ablösenden Zellen über den ganzen Embryonalkörper hin, in besonders charakteristischer und reichlicher Weise aber wiederum im Kopfgebiet und zwar in der Epidermis der Seitenflächen des Kopfendes vom Vorderende bis etwa in die Höhe der Kiemenregion. Wir bekommen also für die Bildung des Kopfmesenchymes drei Quellen: die Hauptmasse leitet sich her von der mesodermalen Stammplatte, ein erheblicher Zuschuß erfolgt durch die Auflösung der vorderen Kopfganglienleiste von der Hirnwand her und ein weiterer Zuschuß von der Epidermis.

Dieser letztere Befund erscheint mir nicht nur für den speziellen Fall im Kopfgebiet von Interesse, sondern auch noch von allgemeiner entwicklungsgeschichtlicher Bedeutung zu sein. Wir finden durchweg bei der Vermehrung der Zellen in den Epithelien während der Entwicklung, daß Zellen an den Begrenzungsflächen der Epithelien aus dem Epithelverbände ausgestoßen werden können. Erfolgt ein solches Ausstoßen von Zellen an der freien Oberfläche nach außen oder in das Innere der Hohlräume, welche von den Epithelien umschlossen sind, so gehen solche Zellen zugrunde^{2) 3)}. Man findet so freie Zellen, welche dem Untergange geweiht sind, im Innern des Rückenmarkes, im Innern des Darmrohres. Erfolgt die Ausstoßung von Zellen an der Basalfläche von Epithelien, so mischen sich diese Zellen unter die übrigen Mesenchymzellen, und wir sind nicht imstande, ihr Schicksal weiter zu verfolgen. Erfolgt die Ausstoßung solcher Zellen an bestimmten Stellen in größerem Maßstabe, so dürfen wir wohl annehmen, daß diese Zellen auch als Zellen weiterhin verwandt werden und nicht einfach zugrunde gehen. Eine solche Ausstoßung von Zellen aus dem Epithelverbände

1) l. c. 1918.

2) Vogt, W., Ueber rückschreitende Veränderungen von Kernen und Zellen junger Entwicklungsstadien von Triton cristatus. Diese Berichte, 1909.

3) Blume, W., Ueber freie Zellen in den Hohlräumen von Selachierembryonen. Dissertation München 1913.

erfolgt aber in nennenswerter Menge nur solange, wie noch keine Grenzmembranen (Basalmembranen, Limitans usw.) ausgebildet sind.

Neben den Befunden, welche wie die Asymmetrie des Kopfendes und die Rumpfsenke von Interesse sind für die spezielle Entwicklungsgeschichte des Menschen, ergab also das Studium unseres Präparates auch Befunde, welche in vergleichender Hinsicht und in allgemein entwicklungsgeschichtlicher Hinsicht von Interesse sind.

Tafelerklärung.

Fig. 1. Innenansicht der Uterushälfte mit eröffneter Chorionhöhle. Der abgehobene Deckel (Decidua capsularis und Chorion) ist nach links oben umgelegt. In der Chorionhöhle liegt der Embryo links abwärts am Dottersack, das Kopfende nach links oben gerichtet. Nach Photographie bei ca. $1\frac{1}{2}$ facher Vergrößerung.

Fig. 2. Ansicht der eröffneten Chorionhöhle bei ca. 4 facher Vergrößerung, nach Photographie. Man erkennt deutlich die Aufbiegung des Hirnendes (links oben am Embryonalkörper) über dem Herzwulst (rechts des Hirnendes) und die dadurch bedingte Einbiegung der Rückenlinie.

Fig. 3. Graphische Rekonstruktion des Medianschnittes des Embryonalkörpers. In den Medianschnitt sind eingezeichnet die Projektionsfelder des Dottersackes, des Bauchstieles, der Kopfganglienleisten, des aus der Mediane abweichenden Schwanzendes. Im Deckblatt ist das Mesoderm der linken Seite angegeben in Projektion auf die Medianebene. Die Rekonstruktion wurde ausgeführt bei 200 facher Vergrößerung; die Abbildung ist auf $\frac{1}{4}$ verkleinert, gibt also die Verhältnisse bei 50 facher Vergrößerung wieder.

Farben: blau Ektoderm
 gelb Entoderm
 rot Mesoderm
 orange Chorda
 violett Primitivstreifengebiet und Schwanzknospe.

Farben des Deckblattes: rot Mesoderm; die Abschnitte, bei welchen die Auflösung in Mesenchym beginnt, sind durch Punktierung hervorgehoben. hellblau Coelomräume.

All	= Allantois	Kpl	= Kopfplatte des Mesoderms
Amn	= Amnion	Ph	= Pericardialhöhle
Bst	= Bauchstiel	Rm	= Rachenmembran
CaKgl	= caudale Kopfganglienleiste	SI	= erster Somit
Cgr	= Grenze zwischen Exocoelom und Embryocoelom	SVIII	= achter Somit
CrKgl	= craniale Kopfganglienleiste	Spgl	= Spinalganglienleiste
Ds	= Dottersack	Stz	= Stielzone der Kopfplatte des Mesoderms
H	= Herzwulst	Vm	= Gebiet der Verschlussmembran der ersten Schlundtasche.
Klm	= Kloakenmembran		

Manuskript eingegangen am 21. XII. 20.



Fig. 1.

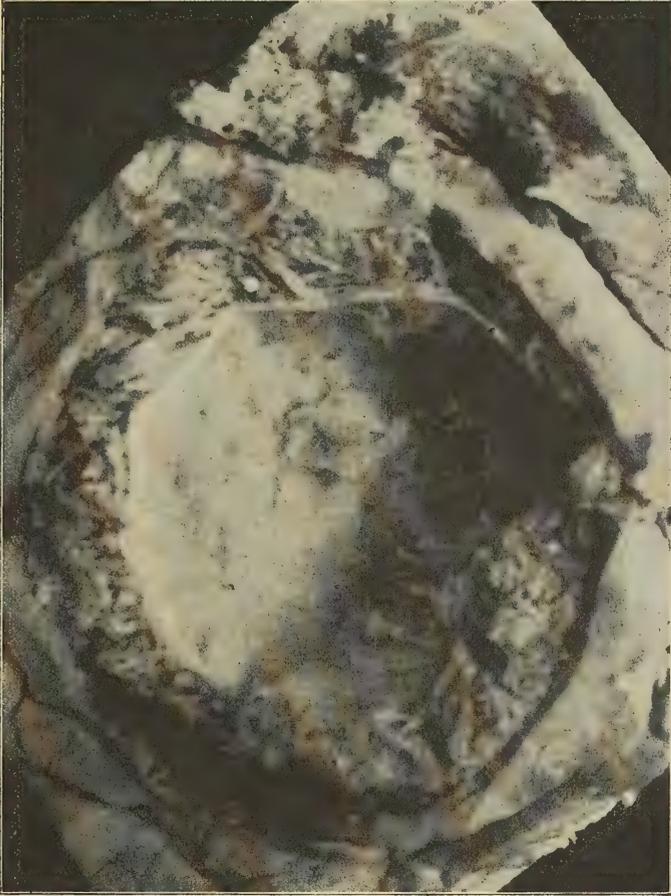
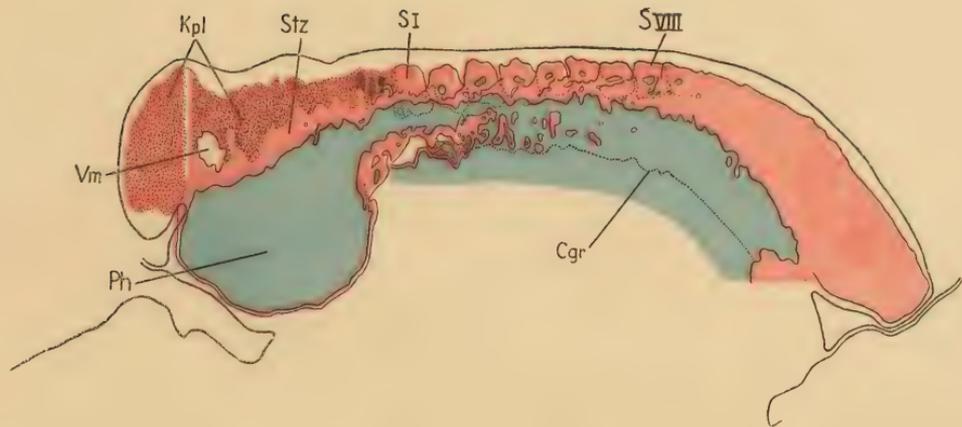


Fig. 2.



Fig. 3



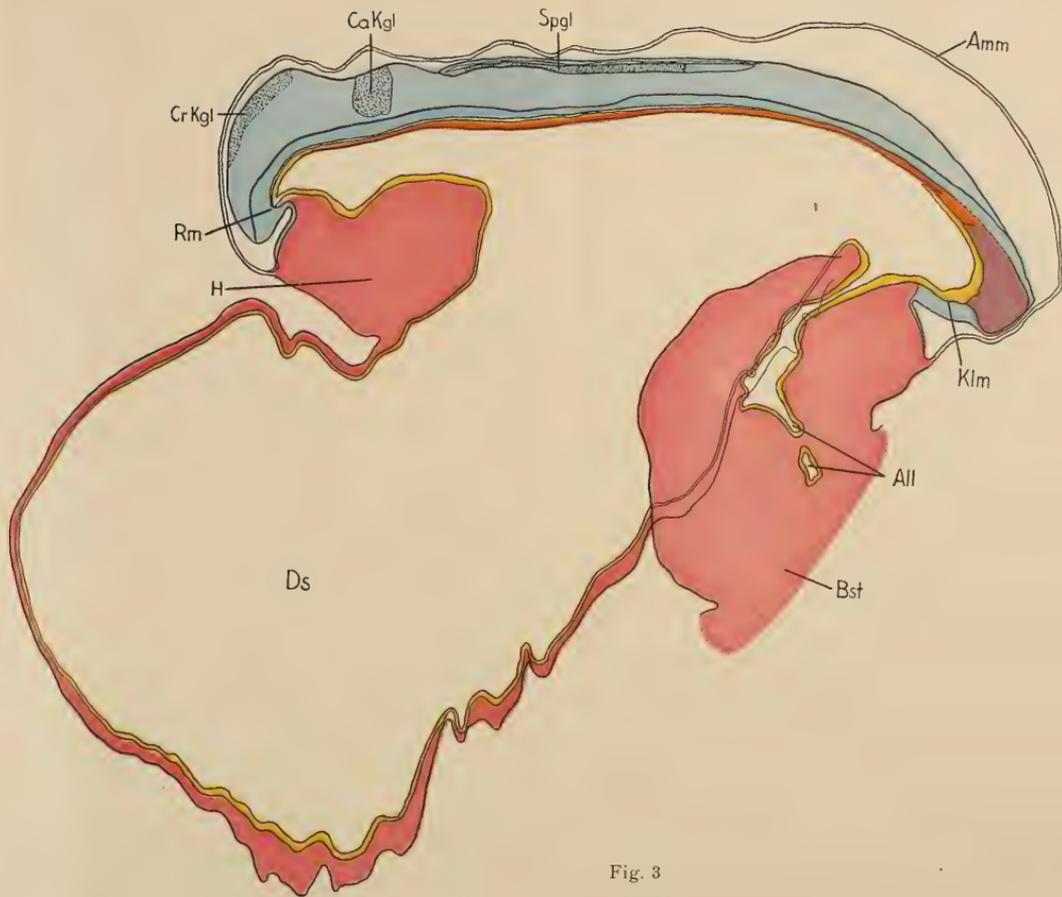


Fig. 3

Aus dem Anatomischen Institut Marburg a. L.

A. Benninghoff,

Zur vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Amphibienherzens und zur Phylogenie des Reizleitungssystems.

Vorläufige Mitteilung.

Die zahlreichen Angaben zur Anatomie des Froschherzens werden häufig für das Amphibienherz schlechthin verallgemeinert. Dagegen ist das Herz der Urodelen wenig bekannt, es bietet aber mit seinen primitiveren Verhältnissen eine günstigere Anknüpfung für eine vergleichende Betrachtung. Ueber die vergleichende Anatomie des Amphibienherzens bestehen nur summarische Angaben mit Ausnahme des Bulbus cordis, der mit seinen interessanten Einrichtungen auf das Genaueste untersucht ist. Nach einer zusammenfassenden Darstellung der Anatomie des Froschherzens durch Gaupp¹⁾ wurden die Untersuchungen über diesen Gegenstand in eine spezielle Richtung gedrängt durch die Entdeckung des Atrioventrikularbündels im Säugerherzen durch Hiss jun.²⁾ 1893. Diese Entdeckung rief eine große Zahl von Untersuchungen hervor, die sich dann auch auf die niederen Wirbeltierklassen erstreckten, und im besonderen den Uebergangszonen der einzelnen Herzabschnitte gewidmet waren. Hiss selbst beschreibt im Froschherzen den sog. Atrioventrikulartrichter, eine trichterförmige Muskelverbindung zwischen Vorhof und Kammer, und deutet dessen Entstehen so, daß der Vorhof während der Entwicklung sich in die Kammer einstülpe. Bräunig³⁾ gab an, daß der eingestülpte Vorhof nachträglich mit der Muskulatur der Kammer verwachse. Diese Auffassung, für die keine Belege angeführt sind, ist von vornherein unwahrscheinlich und, wie gezeigt werden soll, auch unzutreffend. Mit dem Worte Atrioventrikulartrichter hatte Hiss nur jener Muskelverbindung einen Namen gegeben, die schon von Gaskell 1883 im Schildkröten- und Froschherzen beschrieben worden war.

1) Gaupp, Anatomie des Frosches, Bd. II. Braunschweig 1896—99

2) Hiss jun. Die Tätigkeit des embryonalen Herzens und seine Bedeutung für die Lehre der Herzbewegung beim Erwachsenen. Arbeiten aus der Med. Klinik Leipzig. 1893.

3) Bräunig, Ueber muskulöse Verbindungen zwischen Vorkammer und Kammer bei verschiedenen Wirbeltieren. Arch. f. Anatomie u. Physiol. Suppl. 1904.

Von den neueren Untersuchungen, die sich mit diesem Herzabschnitt befassen, sei nur erwähnt, daß sie kein einheitliches Resultat aufweisen.

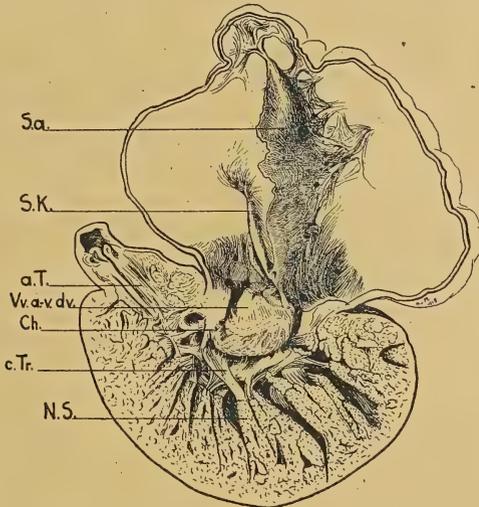
Den folgenden Untersuchungen ist eine morphologische Betrachtungsweise zugrunde gelegt, bei ihr spielen zwar funktionelle Momente eine Rolle, es konnte aber dabei zunächst gleichgültig sein, ob bestimmte Muskelsysteme der Reizleitung dienen oder nicht. Somit steht sie abseits vom Streit zwischen neurogener und myogener Theorie des Herzschlags.

Wenn wir bei der Betrachtung des Herzens der geschwänzten Amphibien von dem Ostium a.-v. ausgehen, so zeigt sich, daß dieses als ein verhältnismäßig kleines Oval in die Mitte der Kammerbasis eingesenkt ist, und von den Ostium arteriosum durch eine Kammerwandstrecke getrennt bleibt. Es fällt auf, daß dieses Oval schief steht, derart, daß sein längster Durchmesser von links ventral nach rechts dorsal zieht und damit von dem Breitendurchmesser der Kammer abweicht. Zudem verläuft das Vorhofsseptum als windschiefe Wand von rechts ventral nach links dorsal also senkrecht zum Ostium. Diese Befunde, die bei den Salamandrinen am ausgeprägtesten sind, lassen sich aus der eigentümlichen Lagerung der einzelnen Herzabteilungen erklären, die in Folgendem bestehen. Der Bulbus cordis liegt in situ rechts, die Kammer ist ebenfalls etwas nach rechts gekehrt, von den Vorhöfen liegt der linke nach ventral zu und der schrägen Kammerbasis folgend nach caudal herabhängend, an diesem caudalen Pol der Vorhöfe wird der Sinus in Diastole sichtbar. Man erkennt in dieser Anordnung noch deutlich die S-Form des primitiven Herzschlauches, insbesondere haben die beiden Endstücke ihre ursprüngliche Lage beibehalten. Diese letzteren erfahren in der aufsteigenden Tierreihe einmal eine Drehung an die Medianebene heran, und ferner drängen sie sich gegen den angrenzenden Herzabschnitt ein. So sehen wir bereits bei den Anuren den Sinus venosus nach rechts und cranial wandern, während der Bulbus erst bei den Reptilien allmählich sich nach links ventral schiebt und in die Kammer aufgenommen wird. Es zeigen somit die Urodelen auch in der äußeren Form des Herzens ein primitives Verhalten. Der weite Vorhofsack muß sich zur Bildung des engen Ostium a.-v. in seinem basalen Teil trichterförmig verjüngen (vergl. Fig. 1), er schlägt sich dann in Form einer Falte in die Außenwand der Kammer um. Der Scheitel dieser Falte liegt unter dem Niveau der Herzbasis, er bildet zugleich den Grund der sog. Sulcus a.-v., dessen pericardiales Bindegewebe bis zu dieser Stelle vordringt, ohne den muskulösen Zusammenhang zu trennen. Ventral und dorsal verbindet sich diese Umschlagfalte mit Muskelbalken der Kammer, die ich in der Folge als centrale Kammer-

trabekel bezeichnen möchte. Der Verlauf der Muskelfasern in dem bisher geschilderten Teil gestaltet sich folgendermaßen: Die inneren Züge des Vorhofes ziehen im wesentlichen radiär auf das Ostium a.-v. zu. Hier biegen sie zu einem locker gefügten Ringfasersystem um, dem sog. Annulus a.-v., von letzterem zweigen sich Bündel ab, die longitudinal verlaufend in die centralen Kammertrabekel übergehen. Der Annulus a.-v. zuerst von Gaskell¹⁾ bei der Schildkröte beschrieben, entspricht genau der Anheftungslinie der A.-V.-Klappen, und findet sich in gleicher Weise bei den Fischen, Amphibien und Reptilien. Er weist stets die charakteristischen Beziehungen zu den endocardialen Klappengebilden des venösen Ostiums auf, und ist mit deren Schicksal aufs engste verknüpft.

Histologisch läßt die Muskulatur des Annulus a.-v., und die von ihm sich abzweigenden Bündel, die zur Kammer verlaufen, eine blasse Färbung erkennen, die einzelnen Fasern sind fibrillenärmer als die der Umgebung, besitzen teils große ovale, teils lange schmale Kerne, und bleiben durch reichliches interstitielles Bindegewebe von einander getrennt. Die Blutversorgung geschieht durch die Gefäße des Sulcus coronarius. Da sich an anderen Stellen des Herzens

Figur 1



Herz vom japanischen Riesensalamander (*Cryptobranchus japonicus*) durch einen Frontalschnitt eröffnet, man sieht in die dorsale Hälfte hinein

- | | |
|----------------------------|---|
| Sa. = Septum atriorum, | Vv. a.-v. do. = Valvula a.-v. dorsalis, |
| S. K. = Sinusklappe, | Ch. = Chordae tendineae, |
| A. T. = Ausströmungsteil, | c. Tr. = centraler Trabekel, |
| N. S. = Nebenkammerseptum. | |

1) Gaskell, On the innervation of the heart with especial reference to the heart of the tortoise. *Journal of Physiol.* 1883.

Muskelfasern mit gleichen Merkmalen vorfinden, liegt das Besondere nur in der Anhäufung solcher Fasern an dieser Stelle.

Die Kammer besteht aus einem Maschwerk von Muskelbälkchen, die an in der Peripherie locker, nach der Mitte zu dichter aneinander gefügt sind, und einzelne unvollkommene Septen (Fig. 1 N. S.) aufbauen. Die zwischen den letzteren gelegenen Räume, die Nebenkammern, öffnen sich nach einem trabekelfreien Durchgang, der magenförmig gestaltet, die beiden Kammerostien verbindet, und als Hauptkammer zu bezeichnen ist. Die äußerste Grenzschicht der Kammer, die sehr dünn ist, wird Corticalis genannt. Eine muskulöse Verbindung zwischen Vorhof und Kammer wird einmal hergestellt durch das Umbiegen der basalen Vorhofswand in die Corticalis der Kammer in Form jener A.-V.-Umschlagfalte, hier konnte kein direkter Uebergang von Muskelfasern festgestellt werden, und ferner durch eine Verschmelzung der vom Annulus a.-v. absteigenden Fasern mit den central gelegenen Kammertrabekeln (Fig. 1 c. Tr.). Diese letzteren übernehmen die Auskleidung der Hauptkammer dorsal und ventral und strahlen in radiärer Richtung an der Oberfläche der unvollkommenen Scheidewände aus. Sie anastomosieren untereinander und können daher mit mehreren Septen in Beziehung treten. Im rechten Abschnitt der Hauptkammer ordnen sie sich zu Zügen, die in parallelem Verlauf dem Ostium arteriosum zustreben, der von ihnen umschlossene Raum ist als Ausströmungsteil der Kammer deutlich abgegrenzt. (Fig. 1 A. T.) Auf dem Scheitel der Nebenkammersepten anastomosieren die centralen Trabekel mit denen der gegenüberliegenden Seite, und nehmen hier einen zwingenförmigen Verlauf. Dieses centrale Muskelsystem, das an die innere Oberfläche der Haupt- und Nebenkammern grenzt, besitzen in dieser Form nur die Urodelen, es entsteht ontogenetisch als erstes, und wird in der Phylogenie auch zuerst abgebaut, sodaß es im Säugetierherzen mit Ausnahme der Kammerscheidewand nur noch in Rudimenten nachweisbar ist.

Am Ostium a.-v. werden zwei Taschenklappen beschrieben, je eine ventrale und eine dorsale. Es findet sich indessen bei den Salamandrinen außerdem noch eine kleine rechte, die schwach entwickelt ist, und bei *Cryptobranchus japonicus* erwähnt Osawa¹⁾ dazu noch eine linke laterale. Es finden sich somit schon bei den Urodelen Formen, welche die primären rein endocardialen Klappengebilde des Ostium a.-v. in jener Zahl und Anordnung besitzen, wie sie als Endocardkissen bei allen höheren Tieren in der embryonalen Entwicklung wiederkehren. Die Klappen haften sämtlich am A.-V.-

1) Osawa, Beiträge z. Anatomie des japanischen Riesensalamanders, Mitteilungen aus d. Med. Fakultät der Kaiserl. Jap. Univers. zu Tokio.

Ring, die ventrale und dorsale besitzen an ihrer Unterfläche sehnige Fäden, Chordae tendineae, durch die sie in Beziehung zu den centralen Trabekeln treten (Fig: 1 Ch.), die bedeutend kleineren seitlichen Klappen entbehren der Chordae tendineae, sie beschränken sich auf eine Abdichtung der lateralen Lücken des Klappenspaltes von der Vorhofseite her. Die Klappen stellen ein Mittelding zwischen Polster und Taschenklappen dar, und sind nur bei verengtem Ostium in der Lage, das letztere völlig zu verschließen. Ueber ihre Vorhofsfläche spannt sich in kurzem Bogen das Septum atriorum, durch das der Vorhof in eine größere rechte Abteilung mit venösem Blut, und eine kleinere linke mit arteriellem Blut zerlegt wird.

Figur 2.



Herz von *Leptodactylus pentadactylus*, durch Frontalschnitt eröffnet, ventrale Hälfte.

Wenn wir die bei den Urodelen gefundenen Einrichtungen am Herzen der Anuren weiter verfolgen, so zeigt sich allgemein eine Tendenz zur Konzentration und Reduktion im Trabekelgefüge¹⁾. Das Ostium a.-v. grenzt mit seinem rechten Umfang unmittelbar an das Ostium bulbi. Die Kammerwandstrecke, durch die beide bei den Urodelen voneinander getrennt waren, ist reduciert, an ihrer Stelle findet sich eine sichelförmige Leiste, in deren Scheitel die Ringfasergruppen beider Ostien zur Berührung gelangen, sie ist als Bulboauricularleiste (Greil)²⁾ zu bezeichnen. Die Lageverände-

1) Vergleiche hierzu Fig. 2.

2) Greil, Beiträge zur vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Herzens u. des Truncus arteriosus „Morph. Jahrb. Bd. 31, 1903.

nung des arteriellen Ostiums besteht nicht nur in einer Verschiebung nach links, das letztere ist auch, wie noch gezeigt wird, in die Kammer eingerückt, sodaß durch beide Vorgänge die Einbeziehung des Bulbus cordis in die Kammer, wie sie bei den Reptilien statt hat, bei den Anuren vorbereitet erscheint. Die Muskelverbindung zwischen Vorhof und Kammer ist somit auf der Höhe der B.-A.-Leiste unterbrochen. Am linken Umfange des Ostiums findet sie noch an einzelnen Punkten in Form jener A.-V.-Umschlagfalte statt, wie sie bei den Urodelen vorherrschend war, dorsal und ventral hingegen tritt statt der centralen Kammertrabekel eine geschlossene Muskellamelle (Bulboauricularlamelle) an den Scheitel der Umschlagfalte. Der A.-V.-Ring ist deutlicher ausgeprägt, er besitzt mit seinen proximalen Ausläufern dieselben histologischen Merkmale, die bei den Urodelen erwähnt wurden, eine Anhäufung dieser Fasern auf bestimmte Punkte der Circumferenz war nicht festzustellen, ebensowenig ein besonders inniger Uebergang an einzelnen Stellen.

Durch das vorerwähnte Einrücken des Ostium arteriosum in den Ventrikel wird der Ausströmungsteil des Urodelenherzens auf einen kleinen Vorraum reduciert, die centralen Trabekel schieben sich zu einer einheitlichen Muskelplatte zusammen und bilden so die Bulboauricularlamelle. Gleichzeitig erfahren die rechtsgelegenen Septen der Nebenkammern eine Drehung, derart, daß die Eingänge zu den Nebenräumen dem venösen Ostium zugewandt bleiben, und lassen im ganzen eine schärfere Abgrenzung von der übrigen Trabekularmuskulatur erkennen.

Durch diese Umbildungen wird offenbar eine verbesserte Scheidung der Kreisläufe angestrebt. Die Bulboauricularlamelle verhindert ein Ausweichen des vom Vorhof kommenden Blutes unter das Gewölbe der Herzbasis, bevor es noch in die Nebenkammern gelangt ist, und unter der Bulboauricularleiste eröffnet sich eine breite Passage, die das venöse Blut direkt an den Bulbus heranführt. Dieser empfängt daher bei der Kammerystole zuerst rein venöses Blut, das er dem Lungenkreislauf zuleitet.

An m. Das Primäre bei der Umbildung der Kammer ist das Bestreben, der Lunge ein angemessenes Quantum rein venösen Blutes zu sichern. Erst später tritt in dem Kammerseptum eine Einrichtung auf, durch die auch das arterielle Blut vor einer Vermischung bewahrt wird. Bei den Anuren schiebt sich der Bulbus an die rechte venöse Abteilung des Ostium a.-v. heran, er wandert dem venösen Blute entgegen. Bei den niederen Reptilien wird der Bulbus in die Kammer aufgenommen, damit erhält der Vorraum vor der Mündung vor der nun abgetrennten Arteria pulmonalis einen Zuwachs, entsprechend der größeren

Capazität der Reptilienlunge, und wird von dem übrigen Kammerraum geschieden durch eine unvollkommene Septumbildung, die als Muskelleiste bekannt ist. Diese Muskelleiste erzeugt während der Kammerystole einen temporären Abschluß des genannten Vorraums und isoliert damit aus dem rechten venösen Kammerteil einen Abschnitt, dessen rein venöses Blut vor einer Vermischung geschützt wird, und für den Lungenkreislauf bestimmt ist. Die Muskelleiste kann man daher als venöses Septum bezeichnen und dem später erscheinenden Kammerseptum als einem arterio-venösen gegenüberstellen. Sie bildet sich mit dem Auftreten des letzteren zurück, ist bei den Vögeln geschwunden und bei einigen Säugetieren nur noch in Rudimenten als sog. moderator band nachweisbar.

Am Ostium a.-v. sind vier Klappen konstant geworden. Die kleinen seitlichen haben sich ebenfalls zu regelrechten Taschenklappen mit Chordae tendineae entwickelt. Die dorsale und ventrale Klappe zeigen Anpassungen an die Ausdehnung des Ostiums unter die Bulboauricularleiste. In ihrem rechten Abschnitt sind sie verdickt und besitzen dort eine freiere Beweglichkeit, während der linke Teil durch kurze Chordae straffer an die Unterlage befestigt ist.

Aus den entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen, die an Larven von *Triton alpestris* ausgeführt wurden, seien die hier interessierenden Resultate kurz mitgeteilt. Der Annulus a.-v. ist eine schmale kompakt gebliebene Zone des primitiven Herzschlauchs, die anschließenden centralen Kammertrabekel sind der älteste Teil der Trabekularmuskulatur, sie bilden sich aus leistenförmigen Erhebungen, die in ihrer ursprünglichen Lage verharren, während eine kontinuierliche Außenschicht des Myokards unter Bildung von Bälkchen, die den Zusammenhang aufrecht erhalten, peripher zurückweicht.

Der centrale Hohlraum des Herzens vom Annulus a.-v. bis zum Bulbus entspricht demnach in seiner relativen Ausdehnung der Contur des primitiven Herzschlauchs. Die Trichterform des basalen Vorhofsteils kommt dadurch zustande, daß der A.-V.-Ring mit den anschließenden centralen Kammertrabekeln im Wachstum zurückbleibt, während die mächtig sich auswölbende Ventrikelsbasis ihn umwächst, er gelangt damit passiv in die Tiefe. Eine sekundäre Verwachsung von Muskelanteilen dieser Zone findet nicht statt.

Zum Schluß möchte ich eine vergleichend anatomische Ableitung des A.-V.-Bündels der Säugetiere geben, die auf den obigen Untersuchungen fußt, und sie als Ausgangspunkt nimmt. Betracht-

tungen über diese Frage wurden von Keith und Flack¹⁾ angestellt, sie kommen zu dem Schluß, daß das A.-V.-Bündel ein Rest der primitiven Muskelverbindung im Herzen niederer Tiere sei. Sie bedienen sich bei diesen Untersuchungen der vergleichend histologischen Methode, und kommen bei den einzelnen Tierklassen zu unsicheren und oft sich widersprechenden Angaben, was auf die Unklarheit des von ihnen aufgestellten Begriffes „nodal tissue“ (Knotengewebe) zurückzuführen ist. Solange über die Merkmale des „nodal tissue“ noch keine Klarheit herrscht, bleiben die vergleichend histologischen Untersuchungen unzuverlässig. Eine morphologische Würdigung des A.-V.-Bündels ist mit ihnen nicht zu erreichen. Gegenüber dieser Auffassung der genannten Autoren erwägt Tandler²⁾ die Möglichkeit, daß das A.-V.-Bündel ein autochthon entstandenes System sei.

Nachdem wir im Urodelenherzen den Ausgangspunkt für unsere Betrachtung kennen gelernt haben, wollen wir daneben die Endform, das His'sche Bündel des Säugetierherzens kurz beschreiben. Das A.-V.-Bündel entspringt aus einem Knoten, der im rechten Vorhof nahe der Einmündung des Sinus coronarius gelegen ist, und histologisch zwei Abschnitte, einen Vorhofs- und einen Kammerteil erkennen läßt. Der Knoten setzt sich in einen gemeinsamen Stamm fort, der auf dem Scheitel des muskulösen Kammerseptums nach vorne bis zur Aorta hinzieht. Hier teilt er sich in einen rechten und linken Schenkel, die auf dem Septum reiten und zunächst auf dessen Oberfläche eine Strecke weit in die rechte und linke Kammer absteigen. Der linke Schenkel teilt sich in einen vorderen und hinteren Ast, die je zu einer Papillarmuskelgruppe ziehen. Der rechte Schenkel bleibt mehr geschlossen und geht mit seinem Hauptstamm lateralwärts zum vorderen Papillarmuskel. Er benutzt dabei die Bahn des Moderatorbands, ein kleiner rückläufiger Ast verläuft medial zum hinteren medialen Papillarmuskel.

Es muß auffallen, daß rein äußerlich zwischen dem Verlauf des A.-V.-Bündels der Säugetiere und der A.-V.-Verbindung des Urodelenherzens eine große Ähnlichkeit besteht, wenn man aus den zahlreichen Septen des letzteren sich eins mit seiner Vorhofverbindung herausgeschnitten denkt (siehe Fig. 3 a). Auch hier verlaufen die Fasern von der Basis des Vorhofs, dem A.-V.-Ring, zum

1) Keith and Flack, The form and nature of the muskular connections between the primary divisions of the vertebrate heart. Journ. of Anat. and Physiol. Vol. 41. 1907.

Keith and Mackenzie. Recent researches on the anatomy of the heart. Lancet 1910.

2) Tandler. Anatomie des Herzens, 24. Lief. d. Hdb. d. Anatomie d. Menschen. Jena 1913.

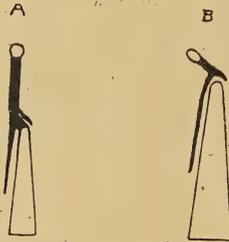
Scheitel der Nebenkammersepten und teilen sich in rechte und linke Schenkel, die auf dem Scheitel der Halbscheidewände reiten. Wenn wir annehmen, daß es sich um homologe Gebilde handelt, so fragt es sich einmal, in welcher Weise diese einzige Verbindung aus der Masse der übrigen isoliert wurde. Die Ontogenie des Säugetierherzens zeigt den kürzesten Weg zur Beantwortung dieser Frage; und ich betone, daß grade das Herz der Urodelen weitgehende Beziehungen zu frühembryonalen Stadien des Säugetierherzens aufweist. Wenn wir daher von einem solchen Stadium ausgehen, das wesentliche Uebereinstimmungen mit dem Herzen der geschwänzten Amphibien zeigt, und dann das weitere Schicksal der hier interessierenden Einrichtungen verfolgen, so ergibt sich, daß das primitive Ostium A.-V. sich beträchtlich erweitert, indem seine zentrale Stütze wegfällt, und die Muskulatur der Kammer an der Peripherie sich verdichtet. Die A.-V.-Falte samt Endocard-Kissen wird zur bindegewebigen Segelklappe, damit wird die Muskelverbindung zwischen Vorhof und Kammer unterbrochen. Es schwindet auch der A.-V.-Ring, der mit dem Schicksal der zugehörigen endocardialen Klappengebilde aufs engste verbunden ist. Die an die ehemalige Umschlagfalte angrenzenden Teile des centralen Trabekelsystems werden zu Sehnenfäden, der Rest bleibt als Papillarmuskel bestehen. Auch die übrige Trabekularmuskulatur schwindet auf Kosten eines großen einheitlichen Hohlraumes. Aber eines der Septen mit seiner Muskelverbindung zum Vorhof hin (centraler Trabekel) bleibt bestehen, die Oeffnung über seinem freien Rand, das Foramen interventriculare entspricht der Hauptkammer des Urodelenherzens im Querschnitt. Nur das Kammerseptum bietet die Möglichkeit für eine Stütze des basalen Vorhofteils. Nur hier können muskulöse Verbindungen erhalten bleiben. Nach dem bisher Gesagten müßten diese Reste dorsal und ventral bestehen bleiben, ventral hiegegen kommt der Bulbus unmittelbar neben das Ostium A.-V. zu liegen, hier schwindet die Muskulatur frühzeitig bis auf eine Bulboauricularleiste. So bleibt die dorsale Verbindung als einzigstes bestehen, sie ist die Bahn des A.-V.-Bündels.

Wir finden diese Auffassung bestätigt durch Befunde bei der speziellen Entwicklungsgeschichte des Hi s'schen Bündels, wie sie Mall¹⁾ an menschlichen Embryonen erhoben hat. Er fand das Bündel bei einem Embryo von 8 mm Länge. Hier wie in den anschließenden Stadien zieht er steil vom basalen Vorhofsteil zur Anlage des Kammerseptums. Diese Strecke ist relativ lang, sie

1) Mall, On the development of the human heart. The American Journ. of Anatomy. Vol. 13. 1912.

entspricht in der Lage, Ausdehnung und dem Verhalten zum Septum völlig einem centralen Trabekel (vergl. Fig. 3 a). Es bildet auch bei der fortschreitenden Entwicklung den freien Rand des Kammerseptums, da dieses nicht etwa durch Apposition aktiv in die Höhe wächst, sondern an seiner Stelle verharret, während die Kammern neben ihnen nach der Herzspitze zu sich ausbuchten.

Figur 3.



Schema zur Entwicklung des A.-V.-Bündels.

- A. Centraler Trabekel und Septum bei den Urodelen, zugleich Frühstadium im Sängherzen.
 B. A.-V.-Bündel und Septum im ausgewachsenen Sängherzen, beide von halb rechts gesehen.

Da die Papillarmuskeln und das A.-V.-Bündel phylogenetisch sich aus derselben Quelle herleiten, werden auch die innigen Beziehungen zwischen beiden verständlich, auf die alle Untersucher hingewiesen haben. Diese Zusammengehörigkeit dokumentiert sich auch durch Vorgänge bei der Entwicklung der Papillarmuskeln, die Sato¹⁾ bei Aschoff untersucht hat. Er fand, daß die Anlage der Papillarmuskeln schon früh als starke central gelegene Balken hervortreten und zwar dorsal und ventral. (Vergl. die centralen Trabekel der Urodelen.) Im weiteren Verlaufe verschmelzen im linken Ventrikel die hinteren und vorderen zu je einer Papillarmuskelgruppe. Dementsprechend teilt sich links der Schenkel des His'schen Bündels in einen vorderen und hinteren Ast. Rechterseits liegen die Verhältnisse nicht so klar. Es findet keine solche Verschmelzung statt oder höchstens umgekehrt zwischen je einer vorderen und hinteren Gruppe. Infolgedessen teile sich der rechte Schenkel in einen starken lateralen und einen schwachen medialen Ast. Diese letzte Darstellung erscheint etwas gezwungen in Anbetracht der Verhältnisse, wie sie das ausgewachsene Herz darbietet. Eine befriedigende Erklärung des eigentümlichen Verlaufs des rechten Schenkels ergibt sich, wenn man seine Beziehungen zum

1) Shiro Sato, Ueber die Entwicklung der Atrioventrikularklappen und der Pars membranacea unter Berücksichtigung zugehöriger Herzmißbildungen. Anat. Hefte, 50. Bd.

Moderatorband in Betracht zieht. Dieses letztere (auch *Trabecula septomarginalis* genannt) wird von Tandler als Rest der sog. Muskelleiste des Reptilienherzens angesprochen. Die Muskelleiste ist eine unvollständige Septumbildung, sie entspricht zum Teil einer Halbscheidewand des Urodelenherzens, der zugehörige centrale Kammertrabekel findet sich als vorderer Papillarmuskel wieder, der konstant vom Moderatorband entspringt und von ihm Ursprungsbündel bezieht. Damit haben wir an dieser Stelle alle Bestandteile des centralen Muskelsystems der Urodelen zusammen. Die Beziehungen des A.-V.-Bündels zu diesem Septumrudiment waren zu erwarten. So verbindet das His'sche Bündel alle Rudimente der ehemals central gelegenen primitiven Muskulatur, selbst ursprünglich vom Muskelgewebe kaum unterschieden, hat es sich funktionell und geweblich von seinem Mutterboden emanzipiert, beweist aber seine phylogenetische Verwandtschaft zu diesem durch Beziehungen, die an das Verhältnis von Nerv zum Muskel erinnern.

Manuskript eingegangen am 23. XII. 20.

Ordentliche Sitzungen 1920.

A. Vorträge.

3. März im Physikalischen Institut:
F. A. Schulze, Ueber das Relativitätsprinzip in gemeinverständlicher Darstellung (nicht gedruckt).
30. März im Physikalischen Institut:
A. Thiel, Ueber Disglomeration, eine neue Art von Umwandlung regulinischer Metalle (mit Demonstrationen).
14. April im Geologischen Institut:
 1. R. Wedekind, Ueber Virenz- und Mutationsperioden;
 2. O. H. Schindewolf (als Gast), Ueber Siphonalbildungen der Ammonidea;
 3. F. Richarz berichtet über die Abhandlung von H. Valentin, Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung in der experimentellen Pädagogik.
12. Mai im Pharmakologischen Institut:
E. Frey, Ein Versuch den Verlauf der Zuckung des Skelettmuskels und Herzens von Stoffwechselforgängen abzuleiten.

23. Juni in der Pathologischen Anatomie:
Löhlein, Ueber Ulzeration und Regeneration bei Dysenterie.
21. Juli im Zoologischen Institut:
1. E. Korschelt, Zur Lebensdauer und Biologie der Ruderfüßer und Muschelkrebse (Nach Untersuchungen von Frl. Dr. E. Walter und Dr. E. Schreiber);
2. W. Harms, Ueber ein periodisch auftretendes Organ bei der Zwergfledermaus.
10. November im Physiologischen Institut:
W. Jaensch (als Gast), Ueber Beziehungen von körperlichen und psychischen Eigenschaften der Persönlichkeit mit besonderer Rücksicht auf die innere Sekretion und klinische Fragen (mit Demonstrationen).
8. Dezember im Anatomischen Institut:
1. Veit, Ueber einen menschlichen Embryo aus dem Anfang der 4. Woche (nach gemeinsamen Untersuchungen mit Herrn Prof. Esch). Vorläufige Mitteilung.
2. Benninghof (als Gast), Zur vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Amphibienherzens.

B. Wahlen.

In der Sitzung vom 12. Mai 1920 Wahl des Vorstandes. Ergebnis: Vorsitzender: Geh. Rat Prof. F. Hofmann; stellvertretender Vorsitzender: Geh. Rat F. Richarz; Beisitzer: Geh. Rat Tuzek und Geh. Rat Gadamer; Kassensführer Prof. Thiel; Schriftenleiter: Prof. Wedekind; Schriftführer: Prof. F. A. Schulze.

23. Juni. Zum ordentlichen Mitglied gewählt: Herr Prof. A. Läden und Herr Prof. A. Schwenkenbecher. Anstelle des verstorbenen Geh. Rat Richarz wird Herr Gadamer zum stellvertretenden Vorsitzenden gewählt, anstelle von Herrn Gadamer Herr Weigel zum Beisitzer.

1. Dezember: Zum ordentlichen Mitglied Herr Professor Cl. Schaefer.