Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

Marburg

Jahrgang 1918

25567

Marburg
Universitäts-Buchdruckerei Joh. Aug. Koch (Dr. C. Hitzeroth)
1919.

Inhalt.

Seite

Herr *F. A. Schulze:* Die Gestalt der Isothermen auf ebenen Platten bei Berücksichtigung der äußeren Wärmeleitung und Plattendicke 1

„ *Franz Strieder:* Ueber eine neue Anwendung des Fühlhebelprinzipes bei Massenherstellung von Rotationskörpern . . 14

„ *Fr. Wedekind:* Beiträge zur progressiven Entwicklung der Organismen in ihrer Bedeutung für die Geologie 25

„ *A. Gürber:* Ueber den Wert der Konzentrationsschwelle als Geschmacksmaß 47

„ *F. B. Hofmann:* Zur Theorie des Geruchssinnes 50

„ *E. Schmidt:* Bemerkungen zum Vortrage des Herrn Hofmann 51

„ *A. Gürber:* Demonstrationsversuche 51

„ *M. Löhlein:* Ueber das kausale Denken in der Medizin und Biologie 53

„ *F. Richarz:* Bemerkungen zum Vortrage des Herrn Löhlein 64

Wahlen 24, 46, 52

Verzeichnis der Mitglieder*)

(am Schluß des Jahres 1918).

Ehrenmitglieder.

Retzius, Gustav, Prof. emerit. der Anatomie, Stockholm.. 18. 1. 99.
Marchand, Felix, Dr. med., o. Prof. d. path. Anat., Geh. Med.-Rat, Leipzig . . . . . 9. 12. 00.
Kayser, Emanuel, Dr. phil., o. Prof. em. d. Geologie, Geh. Reg.-Rat, München . . . . . 23. 10. 18.
(13. 1. 86)

Einheimische Mitglieder.

A. Ordentliche.

Ahlfeld, Friedrich, Dr. med., o. Prof. em. der Gynäkologie, Geh. Med.-Rat . . . . . 11. 7. 83.
v. Auwers, Karl, Dr. phil., ord. Prof. der Chemie, Geh. Reg.-Rat . . . . . 17. 12. 13.
v. Bergmann, Gustav, Dr. med., o. Prof. d. inn. Medizin 10. 5. 17.
Bielschowsky, Alfred, Dr. med., ord. Prof. d. Augenheilk., Geh. Med.-Rat . . . . . 6. 3. 14.
(30. 7. 13)
Bonhoff, Heinrich, Dr. med., ord. Prof. der Hygiene, Geh. Med.-Rat . . . . . 9. 3. 04.
(8. 11. 99)
Feussner, Wilhelm, Dr. phil., ord. Hon.-Prof. der theor. Physik, Geh. Reg.-Rat . . . . . 14. 7. 81.
(10. 6. 69)
Gasser, Emil, Dr. med., o. Prof. d. Anatomie, Geh. Med.-Rat 27. 1. 88.
(16. 7. 74)

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

Gürber, August, Dr. med. et phil., o. Prof. d. Pharmakologie 28. 6. 11.
(9. 12. 08)
Hensel, Kurt, Dr. phil., o. Prof. der Mathematik, Geh. Reg.-Rat . . . . . 10. 12, 02.
Hildebrand, Heinrich, o. Hon.-Prof. d. gerichtl. Medizin, Geh. Med.-Rat . . . . . 12. 5. 15.
(14. 12. 04)
Hofmann, Franz, o. Prof. der Physiologie, Geh. Med.-Rat 21. 6. 16.
Jaensch, Erich, Dr. phil., o. Prof. der Philosophie . . . 10. 3. 15.
(11. 6. 13)
Korschelt, Eugen, Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Geh. Reg.-Rat . . . . . 26. 7. 93.
Kutscher, Friedrich, Dr. med., a. o. Prof. der Physiologie 12. 2. 08.
(16. 2. 98)
Löhlein, Max, Prof. Dr., o. Prof. d. pathol. Anatomie . 10. 7. 18.
Meyer, Arthur, Dr. phil., o. Prof. d. Botanik, Geh. Reg.-Rat 4. 11. 91.
Müller, Eduard, Dr. med., a. o. Prof., Direktor der med. Poliklinik . . . . . 7. 5. 13.
(9. 2. 10)
Ostmann, Paul, Dr. med., ord. Hon.-Prof. der Otologie, Geh. Med.-Rat . . . . . 13. 11. 95.
Richarz, Franz, Dr. phil., o. Prof. d Physik, Geh. Reg.-Rat 15. 5. 01.
Schmidt, Ernst, Dr. phil., o. Prof. der pharm. Chemie, Geh. Reg.-Rat . . . . . 11. 3. 85.
Schulze, Franz Arthur, Dr. phil., Prof., Priv.-Doz. d. Physik 5. 8. 08.
(31. 7. 01)
Schultze Jena, Leonhard, Dr. phil., o. Prof. d. Geographie 7. 5. 13.
Thiel, Alfred, Dr. phil., a. o. Prof. der physik. Chemie . . 8. 5. 12.
(10. 5. 11)
Tuczek, Franz, Dr. med., o. Prof. der Psychiatrie, Geh. Med.-Rat . . . . . 15. 5. 95.
(14. 3. 90)
Wedekind, Rudolf, Dr. phil., ord. Prof. der Geologie und Palaeontologie . . . . . 12. 12. 17.
Wegener, Alfred, Prof., Dr. phil., Privatdozent der Meteorologie und Astronomie . . . . . 12. 5. 15.
(28. 7. 09)
Weigel, Otto, Dr. phil., o. Prof. d. Mineralogie . . . . 10. 7. 18.
(9. 2. 16)
Zangemeister, Wilhelm, Dr. med., o. Prof. der Gynäkologie 28. 6. 11.
Zincke, Theodor, Dr. phil., o. Prof. em. d. Chemie, Geh. Reg.-Rat . . . . . 13. 1. 76.

B. Außerordentliche.

Berlin, Ernst, Dr. phil., Assistent am physiol. Institut . . 28. 6. 11.
Blanckenhorn, Professor Dr., Landesgeologe . . . . . 15. 1. 13.
Brand, Walter, Dr. phil., Studienrat, Oberlehrer . . . . 19. 2. 13.
Cloos, Hans, Dr. phil., Privatdozent der Geologie . . . . 10. 3. 15.
v. Dalwigk, Friedrich, Dr. phil., Prof., Priv.-Dozent der reinen und angewandten Mathematik . . . . . 9. 5. 00.
Esch, Peter, Dr. med., Prof., Privatdozent . . . . . 20. 11. 13.
Fischer, Guido, Dr. med., Prof., Direktor d. Zahnklinik . . 28. 6. 11.
Frey, Ernst, Dr. med., Prof., Privatdozent . . . . . 30. 7. 13.
Grüter, Wilhelm, Dr. med., Prof., Privatdozent, Assistent an der Augenklinik . . . . . 28. 6. 11.
Harms, Wilhelm, Dr. phil., Prof., Privatdozent d. Zoologie 7. 6. 10.
Jahrmärker, Max, Dr. med., Prof., Privatdozent Direktor der Landesheilanstalt . . . . . 10. 2. 04.
Katsch, Gerhard, Dr. med., Privatdozent . . . . . 29. 5. 18.
Kauffmann, Oskar, Hauptmann d. L., Forschungsreisender 13. 12. 11.
Körner, Theodor, Dr. phil., Chemiker . . . . . 21. 3. 17.
Kreckwitz, Dr. med., Assistent an der medizin. Poliklinik 24. 6. 14.
Löning, Fritz, Prof., Dr. med., Privatdozent . . . . . 9. 7. 13.
Nordhausen, Max, Dr. phil., a. o. Prof. der Botanik . . . 12. 5. 12.
Obst, E., Dr. phil., Prof., Privatdozent für Geographie . 13. 11. 12.
Reissert, Arnold, Dr. phil., Prof., Priv.-Doz. der Chemie . 11. 2. 03.
Rick, Dr. med., Assistent an der Frauenklinik . . . . . 24. 6. 14.
Ricländer, August, Dr. med., Prof., Privat-Dozent der Gynäkologie . . . . . 13. 6. 06.
Rohmer, Paul, Dr. med., Privatdozent . . . . . 17. 12. 13.
Schenck, Martin, Dr. med. et phil., Privatdozent, Prof., Assistent am pharm. Institut . . . . . 28. 6. 11.
Schwantke, Arthur, Dr. phil., Prof., Priv.-Doz., Assistent am mineralog. Institut . . . . . 21. 6. 99.
Siebert, Carl, Dr. phil., Chemiker . . . . . 14. 5. 02.
Strecker, Wilhelm, Dr. phil., a. o. Prof. der Chemie . . 6. 3. 14.
Strieder, Franz, Dr. phil., Assistent am physik. Institut 10. 7. 18.
Stuchtey, Karl, Dr. phil., Assistent am physik. Institut . . 9. 12. 08.
Take, Emil, Prof., Dr. phil., Privatdozent, Assistent am physikalischen Institut . . . . . 9. 12. 08.
Tönniges, Carl, Dr. phil., Prof., Assist. am zoolog. Institut 16. 2. 98.
Veit, Otto, Dr. med., Privatdozent, Prof., I. Prosektor . 28. 7. 09.
Wagener, Oskar, Dr. med., a. o. Prof. der Otologie . . 12. 12. 17.
Weigel, Otto, Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie . . . 9. 2. 16.
Wintzer, Paul, Dr. med., prakt. Arzt . . . . . 13. 5. 14.

Auswärtige Mitglieder.*)

Ach, Narciss, Dr. med. et phil., Professor der Philosophie, Königsberg . . . . . (8. 2. 05)
Ackermann, Dankwart, Dr. med., Prof., Privat-Dozent der Physiologie, Würzburg . . . . . (5. 8. 08)
Andrée, Karl, Dr. phil., a. o. Prof. d. Geologie, Königsberg (4. 8. 10)
Aschoff, Ludwig, o. Prof. der patholog. Anatomie, Freiburg i. Br. . . . . 17. 6. 03.
Axenfeld, Theodor, Dr. med., o. Prof. der Ophthalm., Freiburg i. Br. . . . . (15. 1, 96)
Barth, Adolf, Dr. med., o. Prof. der Otologie, Leipzig . . 4. 11. 91.
Barth, Arthur, Dr. med., Prof., Oberarzt, Danzig . . . (13. 11. 95)
Beneke, Rudolf, Dr. med., o. Prof. d. path. Anat., Halle . 14. 11. 06.
Berblinger, Walter, Prof., Dr. med., Privatdozent, Kiel . (8. 2. 05)
Böhm, Rud., Dr. med., o. Prof. der Pharm., Geh. Med.-Rat, Leipzig . . . . . 20. 5. 81.
**Börsch, Anton,* Dr. phil., Geh. Rat, Homberg a. d. Efze 23. 10. 18.
Borrmann, Robert, Dr. med., Prof., Direktor der patholog. Anatomie, Braunschweig . . . . . (14. 5. 02)
Brauer, Ludolf, Dr. med., o. Prof., Direktor d. med. Klinik in Hamburg-Eppendorf . . . . . (14. 12. 04)
**Breithaupt, Wilhelm,* Dr. ing. h. c., Cassel . . . . . 23. 10. 18.
Brauns, Reinhard, Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Geh Berg-Rat, Bonn . . . . . (27. 1. 88)
Bruns, Oskar, Dr. med., a. o. Prof. der inneren Medizin, Göttingen . . . . . (28. 6. 11)
Buchholz, Adolf, Dr. med., Prof., Oberarzt, Hamburg . 8. 12. 97.
Busz, Carl, Dr. phil., o. Prof. der Mineralogie, Münster . (19. 6. 95)
Diels, Ludwig, Dr. phil., Kustos am botanischen Museum, a. o. Prof. an der Universität, Berlin-Dahlem . . . 28. 6. 11.
(28. 7. 09)
Dietrich, Theodor, Dr. phil., Prof., Geh. Reg.-Rat, Hannover (15. 1. 96)
Drevermann, Fritz, Dr. phil., Prof., Frankfurt a. M. . . (11. 2. 03)
Enderlen, Eugen, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Heidelberg . . . . . 12. 2. 97.
**Eysell, Adolf,* Dr. med., Geh. Sanitätsrat, Cassel . . . 23. 10. 18.
Falk, Ferdinand August, Dr. med., a. o. Prof. d. Pharm., Kiel 28. 4. 75.
**Fennel, Adolf,* Inhaber der Firma Otto Fennel Söhne . 23. 10. 18.

---

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

Fraenkel, Carl, Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Halle . . 4. 11. 91.
Fries, Carl, Dr. phil., o. Prof. der Chemie, Braunschweig 10. 3. 15.
(9. 3. 04)
Fuëter, Rudolf, Dr. phil., o. Prof. d. Mathematik, Zürich (3. 5. 07)
Gadamer, Johannes, Dr. phil., o. Prof. der pharmazeut. Chemie, Breslau . . . . . (9. 3. 98)
Goebel, Carl, Dr. phil., o. Prof. der Botanik, München . . 27. 1. 88.
Göppert, Ernst, Dr. med., o. Prof. d. Anatomie, Frankfurt a. M. . . . . (4. 12. 12)
**Guder,* Dr. med., Geh. Med.-Rat, Kreisarzt, Laasphe . 23. 10. 18.
Hagemann, Richard, Dr. med., Prof., Pr.-Doz., Würzburg 13. 5. 14.
Haselhoff, Emil, Dr. phil., Prof., Direktor der landw. Versuchsstation, Cassel . . . . . (11. 2. 03)
Häcker, Rudolf, Dr. med., Prof., Oberarzt d. chirurg. Klinik, Essen . . . . . (7. 6. 10)
Heffter, Arthur, Dr. phil. et med., o. Prof. der Pharmakologie, Berlin . . . . . 14. 11. 06.
Heine, Leopold, o. Prof. der Ophthalmologie, Kiel . . . (18. 1. 99)
Hellinger, Ernst, Dr. phil., a. o. Prof. der Mathematik, Frankfurt a. M. . . . . (12. 1. 10)
**Heraeus, Wilhelm,* Dr. phil., Leiter der Firma W. C. Heraeus, Hanau . . . . . 23. 10. 18.
Hermann, Theodor, Dr. phil., Hanau . . . . . (2. 7. 68)
Herrmann, F., Dr. phil., Geol. Landesanstalt, Berlin . . 1. 3. 11.
v. Hess, Carl, Dr. med., o. Prof. d. Ophthalmol., München 11. 11. 96.
Hess, Otto, Dr. med., Prof., Oberarzt, Posen . . . . . (25. 6. 02)
**Heusler, Fritz,* Dr. phil., Hüttendirektor, Dillenburg . 8. 2. 05.
Hohmeier, Friedrich, Dr. med., Prof., Oberarzt am städt. Krankenhaus, Coblenz . . . . . (24. 6. 14)
Hürter, Jakob, Dr. med., Prof., Oberarzt am städt. Krankenhaus, Mainz 17. 12. 13)
Jores, Leonhard, Dr. med., o. Prof., Dir. des patholog. Instituts, Kiel . . . . . 9. 7. 13.
Jung, Heinrich, Dr. phil., o. Prof. der Mathematik, Kiel . (13. 12. 05)
Keller, Oskar, Dr. phil., a. o. Prof. d. pharmaz. Chemie, Jena 28. 6. 11.
König, Friedrich, Dr. med., o. Prof. d. Chirurgie, Würzburg 9. 7. 13.
Kossel, Albrecht, Dr. med., o. Prof. d. Physiol., Geh. Rat, Heidelberg . . . . . 15. 5. 95.
Krauß, Wilhelm, Dr. med., Prof. der Augenheilkunde an der medizin. Akademie, Düsseldorf . . . . . (10. 7. 07)

v. Krehl, Ludolf, Dr. med., o. Prof. der inneren Medizin, Heidelberg . . . . . 8. 11. 99.
Küster, Ernst, Dr. med. o. Prof. der Chirurgie, Geh. Med., Rat, Berlin . . . . . 4. 11. 91.
Küttner, Hermann, Dr. med., o. Prof. der Chiurg., Breslau (8. 2. 05)
**Leitz, Ernst*, jun., Dr. phil. h. c., Wetzlar . . . . . 23. 10. 18.
Locwi, Otto, Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Graz (15. 5. 01)
Lotz, Heinrich, Dr. phil., Geologe, Berlin . . . . . (13. 12. 99)
Matthes, Max, Dr. med., o. Prof. der inneren Medizin, Geh. Med.-Rat, Königsberg . . . . . 28. 6. 11.
Meisenheimer, Johannes, Dr. phil., o. Prof. d. Zool., Leipzig 5. 8. 03. (16. 2. 98)
**Mense, Carl*, Dr. med., Professor, Cassel . . . . . 23. 10. 18.
Meyer, Hans, Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Wien 11. 3. 85.
Misch, Georg, Dr. phil., o. Prof. der Philosophie, Göttingen (30. 7. 13)
v. Müller, Friedr., Dr. med., o. Prof. d. inn. Med., München 26. 7. 93.
Neide, Ernst, Major a. D., Dr. phil., Allstedt, Sachsen-Weimar . . . . . (13. 1. 04)
Noll, Alfred, Dr. med., a. o. Prof. d. Physiol., Jena . . . (16. 2. 98)
Oestreich, Carl, Dr. phil., o. Prof. der Geographie, Utrecht (9. 3. 04)
Opitz, Erich, Dr. med., Prof., Dir. d. Frauenkl., Gießen . (13. 1. 04)
Pfannkuch, Wilhelm, Dr. med., prakt. Arzt, Cassel . . . (17. 1. 72)
Pfeffer, Wilh., Dr. phil., o. Prof. d. Botanik, Geh. Hofrat, Leipzig . . . . . (27. 4. 71)
Plate, Ludwig, Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Jena . . (27. 1. 88)
Plenge, Enriquez, Dr. med., Heidelberg . . . . . (7. 3. 99)
Ransom, Frederick, Dr. med., Cambridge . . . . . (7. 3. 99)
Rathke, Bernhard, Dr. phil., Prof. d. physik. Chemie, Meran 14. 3. 84.
**Rehn, Joh. Heinrich*, Dr. med., San.-Rat, Frankfurt a. M. 26. 11. 80.
Ribbert, Hugo, Dr. med., o. Prof. d. pathol. Anatomie, Bonn 20. 6. 00.
Romberg, Ernst, Dr. med., o. Prof. d. inn. Mediz. München 20. 6. 00.
**Roser, Wilhelm*, Dr. phil., Professor, Höchst . . . . 23. 10 18.
Rost, Eugen, Dr. med., Regierungsrat, Berlin . . . . . (16. 2. 98)
Rubner, Max, Dr. med., o. Prof. der Physiol., Geh. Med.-Rat, Berlin . . . . . 13. 1. 86.
Rühl, Alfred, Dr. phil., a. o. Prof. der Geographie, Berlin (28. 7. 09)
Rumpf, Theodor, Dr. med., Professor, Bonn . . . . . 14. 3. 90.
Rupp, Erwin, Dr. phil., o. Prof. f. Pharmazie, Königsberg (14. 12. 04)

Ruppel, Wilhelm, Dr. phil., Professor, Höchst . . . . . (18. 7. 00)

Sauerbruch, Ferd., Dr. med., o. Professor der Chirurgie, München . . . . . (7. 6. 10)

Schaum, Carl, Dr. phil., o. Prof. d. phys. Chemie, Gießen 13. 12. 05. (11. 8. 97)

Schenck, Rudolf, Dr. phil., o. Prof. der Chemie, Geh. Reg.-Rat, Münster . . . . . (11. 8. 97)

Schmidt, Martin, Dr. med., o. Professor d. path. Anatomie, Würzburg . . . . . 28. 6. 11.

Schöne, Georg, Dr. med., Priv.-Doz. f. Chirurgie, Greifswald (7. 6. 10)

Schottelius, Max, Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Hofrat, Freiburg i. B. . . . . (11. 7. 79)

Schottky, Friedrich, Dr. phil., o. Prof. der Mathematik, Geh. Reg.-Rat, Berlin . . . . . 15. 5. 95.

Schridde, Hermann, Dr. med., Prof., Direktor der pathol. Anatomie, Dortmund . . . . . (13. 12. 05)

Schwenkenbecher, Alfred, Dr. med., Prof., Direktor der med. Klinik, Frankfurt a. M. . . . . (13. 5. 08)

Seddig, Max, Dr. phil., Prof., Privatdozent der Physik, Frankfurt a. M. . . . . (17. 6. 03)

Siemens, Friedrich, Dr. med., Geh. Med.-Rat, Direktor der Landes-Irrenanstalt Lauenburg i. P. . . . . (19. 12. 79)

Stoeckel, Walter, Dr. med., o. Prof., Direktor der gynäkol. Klinik, Kiel . . . . . (5. 8. 08)

Strahl, Hans, Dr. med., o. Prof. der Anatomie, Gießen . . 27. 1. 88. (14. 12. 80)

Straub, Walther, Dr. med., o. Prof. d. Pharmakol., Freiburg (13. 12. 05)

Study, Eduard, Dr. phil., o. Prof. der Mathematik, Bonn . (14. 3. 90)

Uthoff, Wilhelm, Dr. med., o. Prof. der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Breslau . . . . . 4. 11. 91.

**Vogt, Heinrich,* Dr. med., Professor, Wiesbaden . . . 23. 10. 18.

Wendel, Walther, Dr. med., Prof., Direktor des städtischen Krankenhauses, Magdeburg-Sudenburg . . . . . (12. 2. 02)

Wernicke, Erich, Dr. med., Prof., Direktor des hygienischen Instituts in Posen 16. 2. 98. (10. 2. 97)

**Wortmann,* Geh. Rat, Prof. Dr., Geisenheim . . . . . 23. 10. 18.

Ziegenbein, Hans, Dr. phil., Vorst. d. Nahrungsm.-Amts, Stralsund . . . . . (14. 5. 02)

Durch den Tod hat die Gesellschaft verloren:

von den Ehrenmitgliedern:

Mannkopff, Emil, Dr. med., o. Prof. der inneren Medizin, Geh. Med.-Rat . . . . . 12. 7. 11.

von den ordentlichen Mitgliedern:

Den Tod fürs Vaterland erlitt:

Lohmann, Alfred, Dr. med., Prof., Pr.-Doz. d. Physiologie 7. 5. 13. (8. 2. 05)

von den auswärtigen Mitgliedern:

Braun, Ferdinand, Dr. phil., o. Prof. der Physik, Straßburg (8. 2. 78)
**Speck, Carl,* Dr. med., San.-Rat, Kreis-Physik., Dillenburg 5. 4. 71.
Rein, Johannes, Dr. phil., o. Prof. em. der Geographie, Geh. Reg.-Rat, Bonn . . . . . 1. 12. 76.

Der Vorstand.

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

Kriegsvertreter des Schriftführers und des Kassenführers:
F. A. Schulze.

Engerer Ausschuß.

E. Korschelt, stellvertr. Vorsitzender. *E. Schmidt. F. Tuczek.*

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

№ 1 Mai 1918

In der ordentlichen Sitzung vom 29. Mai hielt zunächst Herr F. A. Schulze den Vortrag:

Die Gestalt der Isothermen auf ebenen Platten bei Berücksichtigung der äußeren Wärmeleitung und der Plattendicke.

Die von E. Heß [1]) auf Anregung von Herrn F. Richarz ausgearbeitete Methode der Darstellung von Isothermen auf ebenen Platten gab Anlaß zu der Frage, welchen Einfluß die äußere Wärmeleitung auf die Gestalt dieser Isothermen hat, und inwieweit sie Abweichungen von der nach der Theorie ohne Berücksichtigung der äußeren Wärmeleitung hergeleiteten Form der Isothermen bedingt. Diese ist gegeben durch

$$\frac{r_1^{a_1} r_2^{a_2} \ldots\ldots r_n^{a_n}}{r_1^{a_1'} r_2^{a_2'} \ldots\ldots r_m^{a_m'}} = \text{const}\ ^{2})$$

wo r_1, $r_2 \ldots r_n$ bez. $r_1' \ldots\ldots r_m'$ die Entfernungen des Isothermenpunktes von den Wärmeeinströmungspunkten der Stärken $a_1 \ldots a_n$ bez. von den Wärmeausströmungspunkten der Stärken $a_1' \ldots a_m'$ sind.

---

1) E. Heß, Inaug.-Diss. Marburg. 1906. Ztschr. f. Phys. u. Chem. Unt. 21. S. 96. 1908.

2) Vgl. H. v. Helmholtz, Vorles. über theor. Physik, Bd. VI, herausgeg. von F. Richarz, p. 64—69. Leipzig 1903.

Es sei k die innere, h die äußere Wärmeleitfähigkeit, ε die Dicke der Platte; die Begrenzungsebenen der Platte liegen parallel der xy-Ebene; ε sei so klein, daß sich die Temperatur ϑ mit z nur unmerklich ändert. Die Temperatur ist dann im stationären Zustand gegeben durch die Gleichung: $\frac{\partial^2\vartheta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\vartheta}{\partial y^2} - \frac{2\,h}{k\varepsilon}\,\vartheta = 0$ [1]) oder, wenn zur Abkürzung gesetzt wird $\frac{2\,h}{k\varepsilon} = \gamma^2$:

$$1)\quad \frac{\partial^2\vartheta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\vartheta}{\partial y^2} - \gamma^2\vartheta = 0.$$

Die Temperatur der Umgebung ist als Null angenommen.

Es sei zunächst nur ein Einströmungspunkt im Punkt $x = y = 0$ angenommen. Da in diesem Fall ϑ nur Funktion von $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ sein kann, so wird Gleichung 1) zu

$$1')\quad \frac{d^2\vartheta}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{d\vartheta}{dr} - \gamma^2\vartheta = 0.$$

Diese Bessel'sche Differentialgleichung nullter Ordnung vom imaginären Argument $i\gamma r$ hat ein partikuläres Integral der Form:

$$2)\quad \vartheta = A \cdot e^{-\gamma r}\sqrt{\frac{\pi}{2\gamma r}} \cdot S(2\gamma r);\ ^2)$$

A ist eine beliebige Konstante.

S ist definiert durch $S(z) = \sqrt{\frac{z}{\pi}}\int_0^\infty \frac{e^{-s}\,ds}{\sqrt{s(z+s)}}$.

Der Ausdruck 2) wird unendlich für $r = 0$, da $S(0)$ endlich ist; für $r = \infty$ wird $\vartheta = 0$. Das partikuläre Inte-

1) G. Kirchhoff, Vorles. über mathem. Physik, Bd. IV, p. 48-50. Leipzig 1894.

2) H. Weber, Die partiellen Differential-Gleichungen der mathematischen Physik; nach Riemanns Vorlesungen neu bearbeitet von H. Weber, Bd. II, p. 323.

gral 2) entspricht also dem Fall einer Wärmequelle im Nullpunkt in einer unendlich ausgedehnten Platte.

Für 2) gilt die Entwicklung (H. Weber l. c.)

$$3)\quad e^{-\gamma r}\sqrt{\frac{\pi}{2\gamma r}}\cdot S(2\gamma r) = \sum_{r=0}^{\infty}\frac{c_\nu - log\,(2\gamma r)}{(\nu!)^2}\left(\frac{2\gamma r}{4}\right)^{2\nu};$$

hierbei ist $c_\nu = c_0 + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \ldots + \frac{1}{\nu}$

$c_0 = 2\,log\,2 - C$, wo C die Euler'sche oder Mascheroni'sche Konstante 0,577 215 6649 . . . . .

Zur Abkürzung sei die Reihe 3) mit $f(r)$ bezeichnet.

Es seien nun außer im Punkte $x = y = 0$ noch Wärmequellen in den Punkten $x = a_1$, $y = b_1$; $x = a_2$, $y = b_2$ . . . . .; $x = a_n$, $y = b_n$. Die Entfernung eines betrachteten Punktes x, y von diesen Punkten seien r_0, $r_1 \ldots . r_n$. Die Intensitäten der Einströmung seien bezw. proportional zu B_0, $B_1 \ldots . B_n$. Dann ist $\Theta = \sum_{\nu=0}^{n} B_\nu f(r_\nu)$ ein partikuläres Integral der Gleichung 1'), das in den Einströmungspunkten unendlich große Werte hat und im unendlichen verschwindet. Für negative Werte von B_n ist der Punkt eine Wärmesenke. Die Isothermen sind gegeben durch die Kurven $\Theta = \Sigma B_n f(r_n) = const.$ In dem Fall einer einzigen Quelle bleiben die Isothermen natürlich Kreise.

Für den Fall von zwei gleich starken Einströmungspunkten sind die Isothermen bei fehlender äußerer Wärmeleitung Cassinische Kurven $r_1 r_2 = const.$

Bei Berücksichtigung der äußeren Wärmeleitung sind die Isothermen gegeben durch $f(r_1) + f(r_2) = const.$ Diese Kurven ähneln den Cassinischen Kurven äußerlich sehr. In Fig. 1 sind einige Kurven gezeichnet. Es ist dabei angenommen, daß die Entfernung der Einströmungspunkte gleich der Längeneinheit ist. Die gestrichelten Kurven sind die Isothermen für $\gamma = 0$, die Cassinischen Kurven. Die

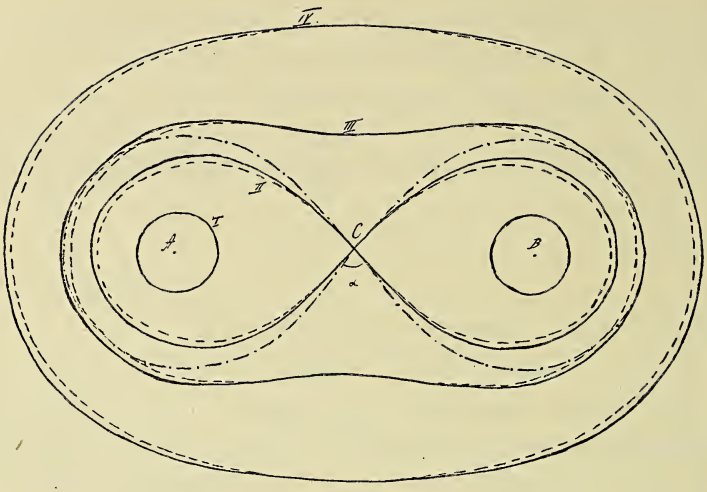


Fig. 1.

2 Einströmungspunkte (A, B)

——— Idealfall $\gamma = 0$ (äußere Wärmeleitung Null)

——— $\gamma = 0{,}5$ mäßige } äußere Wärmeleitung

·—·—·— $\gamma = 2$ erhebliche }

ausgezogenen gestrichelten Kurven geben einige Isothermen für $2\,\gamma = 1$. Die strichpunktierten Kurven endlich gelten für den Fall $2\,\gamma = 4$, also bei verhältnismäßig großer äußerer Wärmeleitung.

Die Berechnung der Kurven geschah mittelst graphischer Interpolation unter Zugrundelegung folgender ausgerechneter Werte der Reihe 3) für $2\,\gamma = 1$.

(S. Zusammenstellung S. 5.)

Ist ein Einströmungs- und ein Ausströmungspunkt vorhanden, beide in gleicher Stärke, so sind die Isothermen gegeben durch die Gleichung $f(r_1) - f(r_2) = 0$. In Fig. 2 sind Isothermen gezeichnet für den Idealfall fehlender äußerer Wärmeleitung, $\gamma = 0$ (gestrichelt), für $2\,\gamma = 1$ (ausgezogen) und $2\,\gamma = 4$ (strichpunktiert).

(S. Fig. 2.)

r	$f(r)$	r	$f(r)$	r	$f(r)$	r	$f(r)$
0,001	7,7169	0,11	3,0194	0,3	2,0290	2	0,4210
0,01	5,4143	0,12	2,9323	0,4	1,7527	3	0,2138
0,05	4,7213	0,13	2,8533	0,5	1,5404	4	0,1140
0,03	4,3159	0,14	2,7817	0,6	1,3724	5	0,0706
0,04	4,0284	0,15	2,7201	0,7	1,2327	6	0,0358
0,05	3,8056	0,16	2,6603	0,8	1,1145		
0,06	3,6235	0,17	2,6001	0,9	1,0126		
0,07	3,4697	0,18	2,5453	1,0	0,9243		
0,08	3,3365	0,19	2,4870	1,1	0,8466		
0,09	3,2191	0,20	2,4276	1,2	0,7800		
0,10	3,1142			1,3	0,7219		
				1,4	0,6640		
				1,5	0,6109		
				1,6	0,5653		
				1,7	0,5239		
				1,8	0,4867		
				1,9	0,4524		

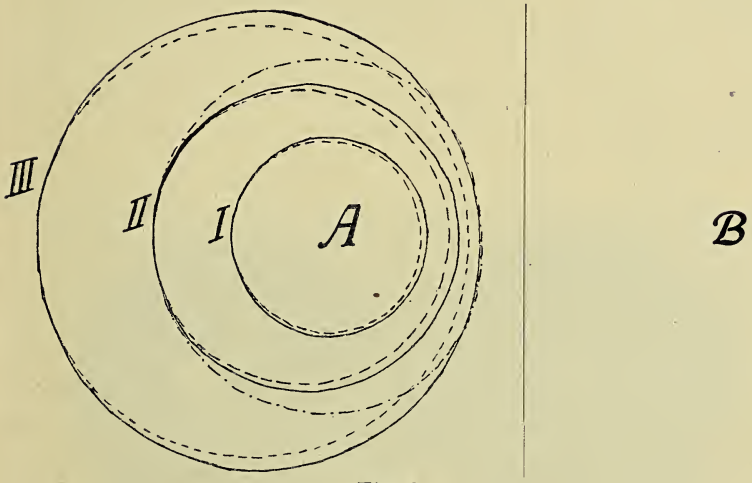


Fig. 2.

1 Wärmequelle A, 1 Wärmesenke B.

——— Idealfall $\gamma = 0$ (äußere Wärmeleitung Null)

——— $\gamma = 0{,}5$ mäßige
·—·—·— $\gamma = 2$ erhebliche } äußere Wärmeleitung.

Es erhebt sich noch die Frage, um wie viel sich die Isothermen in gegebenen praktisch vorkommenden Fällen von den idealen (bei fehlender äußerer Wärmeleitung) numerisch unterscheiden.

Für einen Eisenstab fand H. Weber [1]) $\frac{h}{k} = 0{,}00018\,(_{mm}{}^{-1})$. Wäre demnach eine Eisenplatte von 1 mm Dicke gegeben, so würde die Größe $2\gamma = 2\sqrt{\frac{2h}{k\varepsilon}} = 2\sqrt{0{,}00036} = 0{,}0038$.

Die wahren Isothermen liegen daher so nahe an den idealen, daß die Abweichungen nur bei sehr feinen Messungen eben wahrnehmbar sein dürften; sie werden wahrscheinlich erheblich übertroffen von den Abweichungen, die durch Nichterfüllung der Voraussetzungen der Theorie, z. B. unendliche Ausdehnung der Platte, Unabhängigkeit der inneren und äußeren Wärmeleitung von der Temperatur u. a. m. eintreten. Dagegen würde die Voraussetzung punktförmiger Wärmeein- bez. -ausströmung keine Schwierigkeit sein, da die Peripherie der wärmezuführenden Röhre als Isotherme angesehen werden kann, sodaß der Temperaturverlauf im Innern dieser Röhre gleichgültig ist.

Dagegen werden die Abweichungen merklich sein bei Platten aus Stoffen von geringer innerer Wärmeleitung, wie Glas, Horn, Kork etc. Nehmen wir z. B. in obigem Beispiel den Wert der inneren Wärmeleitung 2000 mal kleiner an, was etwa der Wärmeleitung von Glas entsprechen würde, die Dicke ε und die äußere Wärmeleitnng h von derselben Größe wie in dem vorigen Beispiel, so wird $2\gamma = 2\sqrt{0{,}72} = 1{,}7$. Die Abweichungen werden dann also etwa so groß, wie sie in den Figg. 1 und 2 sich (für $2\gamma = 1$) darstellen. Bei den von E. Heß (l. c.) benutzten Metallplatten ist also der Einfluß der äußeren Wärmeleitung auf die Isothermen unmerklich.

---

1) H. Weber, Pogg. Ann. **146**, p. 527. 1872.

Für die vier in Fig. 1 für $2\gamma = 1$ gezeichneten Isothermen seien die Werte des Produktes $r_1 r_2$ für eine Anzahl Punkte der Isothermen angegeben:

Isotherme I			Isotherme II			Isotherme III			Isotherme IV		
r_1	r_2	$r_1 r_2$	r_1	r_2	$r_1 r_2$	r_1	r_2	$r_1 r_2$	r_1	r_2	$r_1 r_2$
0,121	0,880	1,065	0,500	0,500	0,250	0,600	0,600	0,360	0,121	0,880	1,065
0,119	0,890	1,059	0,595	0,420	0,250	0,726	0,496	0,369	0,119	0,890	1,659
0,118	0,900	1,064	0,666	0,382	0,254	0,812	0,445	0,367	0.118	0,900	1,064
0,112	0,950	1,080	0,740	0,343	0,253	0,913	0,402	0,372	0,112	0,950	1,067
0,108	1,00	1,090	0,823	0,315	0,263	1,027	0,363	0,383	0,108	1,006	1,086
0,104	1,05	1,090	0,933	0,285	0,269	1,165	0,329	0,383	0,104	1,050	1,090
0,102	1,07	1,090	0,165	0,233	0,271	1,245	0,311	0,387	0,102	1,070	1,090
0,100	1,09	1,09	0,195	0,229	0,274	1,264	0,310	0,392	0,100	1,090	1,090
0,100	1,10	1,100	0,210	0,227	0,275	1,295	0,306	0,396	0,100	1,100	1,100

Besonders hingewiesen sei darauf, daß der Winkel α der beiden Isothermenzweige im Punkte C, der bei Nichtberücksichtigung der äußeren Wärmeleitung ein rechter ist, um so spitzer wird, je größer die äußere Wärmeleitung im Vergleich zur inneren wird.

Dies ist in der Tat der Fall, wie aus Fig. 3 hervorgeht, welche nach der Photographie der auf einer mit Jodsilberjodquecksilber bestrichenen Glasplatte mit zwei Ein-

Fig. 3.

strömungspunkten erhaltenen Isotherme hergestellt ist. Man sieht, daß der angegebene Winkel erheblich kleiner als 90^0 ist.

(Auch eine einer niedrigeren Temperatur entsprechende Vorkurve ist auf Figur 3 zu sehen.)

Für den Fall eines Einströmungs- und eines Ausströmungspunktes in A bezw. B von derselben Stärke seien die Werte des Quotienten $\frac{r_1}{r_2}$ für eine Anzahl Punkte der drei in Fig. 2 gezeichneten Isothermen angegeben.

Isotherme I			Isotherme II			Isotherme III		
r_1	r_2	$\frac{r_1}{r_2}$	r_1	r_2	$\frac{r_1}{r_2}$	r_1	r_2	$\frac{r_1}{r_2}$
1,300	0,300	4,333	1,500	0,500	3,000	1,800	0,800	2,250
1,275	0,300	4,250	1,450	0,493	2,940	1,700	0,763	2,239
1,250	0,295	4,237	1,400	0,473	2,959	1,600	0,726	2,204
1,200	0,286	4,196	1,350	0,460	2,935	1,500	0,687	2,184
1,150	0,278	4,136	1,300	0,441	2,948	1,400	0,649	2,157
1,100	0,267	4,119	1,200	0,417	2,880	1,300	0,608	2,105
1,00	0,245	4,081	1,100	0,390	2,821	1,200	0,570	2,105
0,95	0,235	4,025	1,000	0,360	2,750	1,100	0,527	2,087
0.90	0,225	4,000	0,900	0,338	2,744	1,000	0,488	2,049
0,85	0,212	4,000	0,800	0,298	2,684	0,900	0,440	2,046
0,80	0,201	4,000	0,750	0,295	2,542	0,800	0,400	2,000
			0,725	0,278	2,607	0,700	0,353	1,983
						0,670	0,338	1,982
						0,660	0,335	1,970

Die Abweichungen vom idealen Isothermentypus werden nach 1) um so geringer, je größer die Dicke ε der Platte wird. Es ist aber darauf hinzuweisen, daß die Gleichung 1) nur gilt, wenn die Dicke ε so gering ist, daß ϑ nur von x, y, nicht aber von z, der Normalenrichtung der Platte, abhängt.

Es bleibt noch folgende Frage zu erledigen:

Wird die Form der Isothermen auf der Oberfläche dadurch verändert, daß die verschiedenen zur Oberfläche parallelen Schichten infolge der äußeren Wärmeleitung nicht für bestimmte Werte von x, y dieselben Werte haben? Mit anderen Worten: welches ist der Einfluß der endlichen Dicke der Platte auf die Gestalt der Isothermen an der Oberfläche?

Die Ebene der Platte sei wieder die x, y-Ebene, die Dicke sei ε und der Koordinatenanfangspunkt werde in die Mittelschicht gelegt.

Es ist dann der stationäre Zustand

$$\Delta \vartheta = 0 \text{ mit der Bedingung:} \tag{3}$$

$$\text{für } z = -\frac{\varepsilon}{2}: +k\frac{\partial \vartheta}{\partial z} = +h\vartheta \tag{4}$$

$$z = +\frac{\varepsilon}{2}: -k\frac{\partial \vartheta}{\partial z} = +h\vartheta \tag{5}$$

Eine strenge Lösung der Aufgabe ist mir nicht gelungen; jedoch läßt sich wenigstens zeigen, daß sich bei nicht erheblicher Dicke der Platten die Form der Kurven auf der Oberfläche der Platten zwar nicht genau, aber mit großer Annäherung dieselbe Form hat, wie wir sie für den Fall verschwindender Dicke berechnet haben, wo der Wärmefluß im Innern der Platte nur in der Ebene der Platte erfolgt.

Um dies zu zeigen, werde die Temperatur ϑ in der Form angesetzt:

$$(6.)\quad \vartheta = \vartheta_0 \cdot \varphi(z^2)$$

wo φ nur Funktion von z^2, nicht von x und y sein soll. Ferner sei ϑ_0 die im vorigen behandelte Lösung des Problems, die für verschwindende Dicke gilt, wo ϑ nur von x und y, nicht von z, abhängt: $\vartheta_0 = \sum_0^n B_n f(r_n)$. Ließe sich nun die Funktion φ so bestimmen, daß ϑ die Gleichung 3) sowohl als auch die Grenzbedingen 4) und 5) befriedigt, so

wäre bewiesen, daß tatsächlich die Form der Isotherme, ihr analytischer Ausdruck, auch an der Oberfläche der Platte, bei endlicher Dicke der Platte dieselbe ist, wie bei einer Platte von verschwindender Dicke.

Zur Abkürzung sei wieder gesetzt $\frac{2h}{k\varepsilon} = \gamma^2$.

Es muß sein $0 = \Delta\vartheta = \vartheta_0 \cdot \frac{\partial^2 \varphi(z^2)}{\partial z^2} + \varphi(z^2) \cdot \underset{xy}{\Delta}\vartheta_0 = 0$.

Nach der Wahl von ϑ_0 ist aber $\underset{xy}{\Delta}\vartheta_0 = \gamma^2\vartheta_0$. Die Gleichung wird also:

$$0 = \vartheta_0\{2\varphi'(z^2) + 4z^2\varphi''(z^2) + \gamma^2\varphi(z^2)\}$$

oder für $z^2 = u$

$$7.)\quad 2\varphi'(u) + 4u\varphi''(u) + \gamma^2\varphi(u) = 0.$$

Die vollständige Integration der Gleichung in der Umgebung von $u = 0$ ist zwar nach bekannten Methoden möglich, liefert aber schwer übersichtliche Reihenentwickelungen.

Nun wird, wie man aus der Natur des physikalischen Problems heraus wohl mit gewissem Recht wird behaupten können, der Faktor $\varphi(z^2)$ von 1 nicht allzusehr abweichen, solange die Dicke der Platte nicht sehr groß und die äußere Wärmeleitung im Vergleich zur inneren nicht erheblich ist. Es wird auch die Krümmung $\varphi''(u)$ der Kurve $\varphi(u)$ dann nur gering sein. Ist dann noch u selbst klein, also die Dicke der Platte nicht groß, so ist das Produkt $4u\varphi''(u)$ sehr klein gegen die anderen beiden Glieder der Gleichung 7).

Setzt man für $\varphi(u)$ die Reihe an

$$\varphi(u) = a + bu + cu^2 + \ldots$$

und bricht beim zweiten Gliede ab, sodaß $\varphi(u) = a + bu$, so wird direkt $\varphi''(u) = 0$.

Bei diesen Überlegungen und Annahmen dürfte es im vorliegenden Fall gerechtfertigt sein, das zweite Glied in der Gleichung 7) zum Zweck der Annäherungsrechnung gegen die beiden anderen zu vernachlässigen. Es bleibt also:

$$2\varphi'(u) + \gamma^2\varphi(u) = 0$$

oder

$$\varphi(u) + \frac{2}{\gamma^2}\varphi'(u) = 0.$$

Das allgemeine Integral ist

$$\varphi = C \cdot e^{-\frac{\gamma^2}{2}u}$$

C können wir 1 setzen. Die Temperaturverteilung in der Platte von endlicher Dicke ist also gegeben durch

$$\vartheta = \vartheta_0 \cdot e^{-\frac{\gamma^2}{2}z^2} = \vartheta_0 \cdot e^{-\frac{h}{k\varepsilon}z^2}$$

Dieser Ausdruck befriedigt aber, wie leicht zu verifizieren, auch die beiden Grenzbedingungen 4) und 5).

Wie man sieht, wird der Charakter der Isothermen durch die endliche Dicke der Platte nicht geändert, da an der Oberfläche ϑ_0 nur mit dem konstanten Faktor $e^{-\frac{h\,\varepsilon}{k\,4}}$ multipliziert erscheint.

Übrigens ist derselbe in den praktisch vorkommenden Fällen nur sehr wenig von 1 verschieden.

In den beiden obigen Beispielen wird er z. B. für Eisen, wenn wieder die Dicke $\varepsilon = 1$ gesetzt wird,

$$e^{-0{,}00045} = 0{,}99955.$$

Für dickere Platten wird der Korrektionsfaktor natürlich erheblich größer, ebenso für thermisch schlecht leitende Substanzen. Es sei z. B. (in mm) $\frac{h}{k} = 0{,}01$, was der Größenordnung nach etwa den bei Mineralien gültigen Zahlenwerten entspricht. ε sei $=$ 10 mm.

Es ist dann $e^{-\frac{h\,\varepsilon}{4\,k}} = e^{-0{,}025} = 0{,}975$, d. h. also die Temperatur an der Oberfläche ist überall um ca. 2 % kleiner als in der Mittelebene.

Rückwärts läßt sich nun auch noch zahlenmäßig die Vernachlässigung des zweiten Gliedes in der Differentialgleichung rechtfertigen. In dem obengenannten Beispiel ist nämlich für $u = \frac{\varepsilon^2}{4}$ $2\varphi'(u) = -\gamma^2 \cdot \varphi(u) = 0{,}002 \cdot \varphi(u)$. dagegen $4\,u\,\varphi''(u) = 0{,}00002 \cdot \varphi(u)$.

Bei noch dickeren und noch schlechter leitenden Platten wird das Glied $4\,u\,\varphi''(u)$ immer größer gegenüber den beiden anderen, sodaß die Lösung nicht mehr richtig ist,

Wollte man die abgeleiteten Beziehungen an konkreten Fällen prüfen, so wäre besonders darauf zu achten, daß die Begrenzungen der Röhren, durch welche hindurch der Zufluß der Wärme geschieht, die Gestalt der theoretischen Isothermen haben müssen. Solange man die endliche Dicke der Platte nicht berücksichtigt, kann bei 1 bez. 2 Ein- bez. Ausströmungspunkten diese Begrenzung durch die ganze Platte die gleiche sein. Hier jedoch, wenn die Temperatur auch noch von z abhängt, muß der Längsquerschnitt nach einer durch die z-Axe gehenden Ebene bei einer Einströmungslinie ungefähr folgende Gestalt haben ($\varepsilon = 50$ mm, $\frac{h}{k} = 0{,}05$ mm^{-1}).

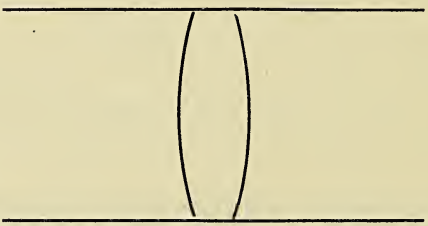


Fig. 4.

Das in der Zeichnung gegebene Beispiel ist allerdings der Deutlichkeit halber für einen extremen Fall berechnet, für den die gegebene Lösung streng nicht mehr angenommen werden darf. Bei mäßig dicken Platten unterscheiden sich diese Isothermenflächen nur sehr wenig von Kreiszylindern.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß die zuletzt gegegebene Form der Temperaturverteilung im stationären Zustand bei Berücksichtigung der endlichen Dicke der Platte auch für den Fall beliebig vieler Ein- bez. Ausströmungspunkte gilt.

Sodann sprach Herr Franz Strieder (a. G.):

Ueber eine neue Anwendung des Fühlhebelprinzipes bei Massenherstellung von Rotationskörpern.

Die mechanische Werkstätte des Physikalischen Institutes hatte Ende 1916 einen Auftrag auf Lieferung von Kriegs-

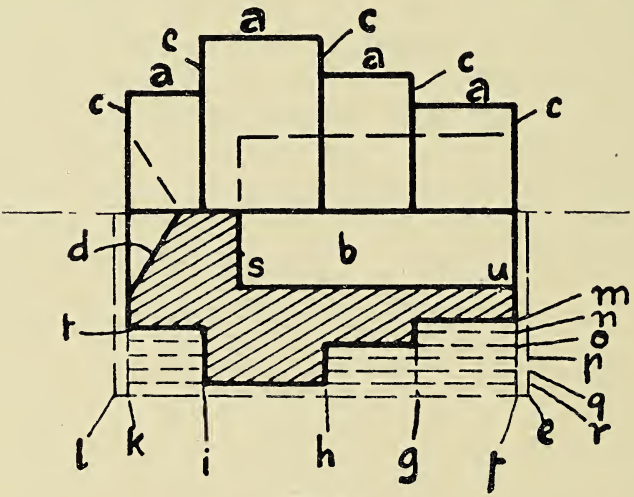


Fig. 1.

munition übernommen, der die Herstellung von etwa 40 000 Einzelteilen erforderlich machte. Diese Teile waren sämtlich Rotationskörper ähnlicher Art, wie der in Fig. 1, oben in

Ansicht, unten im Schnitt dargestellte, deren äußere Begrenzung durch Zylindermäntel *a*, Kreisflächen *b*, Kreisringflächen *c* und Kegelmäntel *d* gebildet wurde. Für die Einhaltung der vorgeschriebenen Zylinderdurchmesser- bezw. Zylinderlängenmaße war eine Toleranz von nur ± 0,1 mm zugelassen, d. h. Körper, deren Einzelmaße um mehr als 0,01 mm nach oben oder unten von dem verlangten Sollmaß abwichen, wurden von der Prüfungsstelle als unbrauchbar verworfen. Zur Herstellung der Rotationskörper dient die typische Maschine zur Anfertigung „drehrunder" Gegenstände, die Drehbank. Um das Folgende besser verständ-

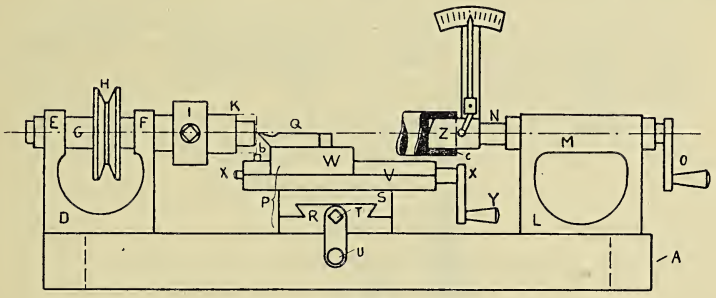


Fig. 2.

lich werden zu lassen, möge hier auf die Bauart und Arbeitsweise der Drehbank kurz eingegangen werden.

In Fig. 2 und 3 stellt *A* das Drehbankbett dar, bestehend aus den beiden parallelen Prismen *B* und *C*. Am linken Ende des Bettes ist der Spindelstock *D* festgeschraubt, ein Gußeisenkörper, in dessen beiden Lagern *E* und *F* sich die nur teilweise sichtbare Spindel *G* mittels eines um die Schnurscheibe *H* gelegten Riemens, von rechts gesehen entgegen dem Uhrzeigersinn, in Umdrehung versetzen läßt. Am rechten Ende trägt die Spindel das Spannfutter *I*, durch welches das zu bearbeitende Material *K* fest mit der Spindel verbunden werden kann. Der Spindelstock ist auf dem Bett so ausgerichtet, daß die mathematische Achse der Spindel parallel zu den Längskanten der Prismen *B* und *C* liegt. Am rechten

Ende des Bettes befindet sich der Reitstock *L*, in dessen oberem Teil *M* sich mittels einer durch die Kurbel *O* zu drehenden Schraube (nicht sichtbar) die zylindrische Pinole *N* parallel zu sich selbst nach rechts oder links verschieben läßt, sodaß ihre Achse stets mit der verlängerten Drehachse der Spindel zusammenfällt. Der ganze Reitstock kann auf dem Bette in dessen Längsrichtung verschoben werden.

Zwischen Spindelstock und Reitstock befindet sich der Kreuzsupport *P*, welcher das Werkzeug, den Drehstahl *Q*, trägt. Die prismatische Grundplatte *R* liegt auf den Horizontalflächen der Prismen *B* und *C* auf, so, daß die langen

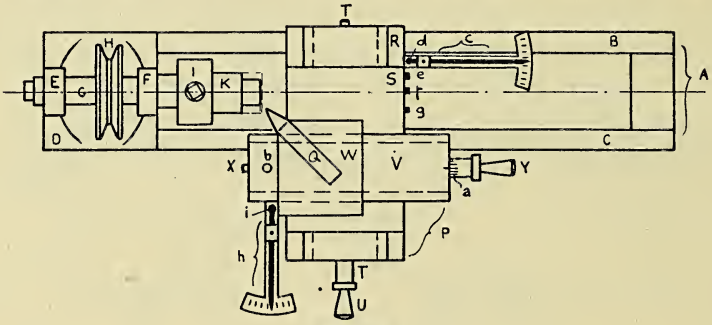


Fig. 3.

Kanten von *R* im Grundriß, Fig. 3, senkrecht zu den Längskanten von *B* und *C* stehen. Auf *R* läßt sich mittels der Schraubenspindel *T* mit der Kurbel *U* die ebenfalls prismatische Platte *S* parallel zu sich selbst vor- und rückwärts bewegen. Auf *S* ist mit ihren Längskanten, im Grundriß senkrecht zu den Längskanten von *S* und *R*, also parallel zur Drehachse der Spindel, der prismatische Körper *V* befestigt, auf dem mittels der Schraubenspindel *X* mit der Kurbel *Y* der ebenfalls prismatische Teil *W* nach rechts oder links bewegt werden kann. Durch Drehen der sog. Langspindel *X* wird das auf *W* befestigte Werkzeug *Q* parallel der Drehachse der Spindel *G* bewegt und erzeugt, wenn es gegen das rotierende Werkstück *K* geführt wird, einen

Zylindermantel an demselben, dessen Länge gleich der Verschiebung von *W* ist. Die Drehung der sog. Planspindel *T* bewegt das Werkzeug senkrecht zur Drehachse und erzeugt an dem Werkstück eine zur Drehachse senkrechte ebene Kreisring- oder Kreisfläche, letzteres in dem Falle, daß die Spitze des Werkzeuges bis zur Drehachse vorgeschoben wird. Das Werkzeug ist auf *W* so befestigt, daß seine Spitze in der Höhe der Drehachse liegt. Verdreht man *V* gegen *S* um einen bestimmten Winkel im Grundriß, so entstehen durch Drehen von *Y* am Werkstück Kegelmäntel. Setzt man in die Reitstockpinole *N* einen Bohrer *Z* ein, dessen Durchmesser kleiner ist als der Durchmesser des Werkstückes, so wird dieser Bohrer bei seinem Vorschub nach links im Werkstück ein zylindrisches Loch ausarbeiten.

Die Herstellung von Körpern der in Fig. 1 dargestellten Art ist nach dem Vorstehenden leicht verständlich. Zur Einhaltung der Längen der Zylindermäntel *a* hat man von einer Anfangslage aus, in der die Spitze von *Q* das Arbeitsstück noch nicht berührt, nur mittels der Langspindel *X* das Werkzeug um die verlangten Längen der Zylindermäntel gegen das Werkstück vorzuschieben. Die Durchmesser der Zylinder erhält man durch Vorschieben des Werkzeuges mittels der Planspindel *T* bis auf eine Entfernung der schneidenden Spitze des Werkzeuges von der Drehaxe, welche gleich dem halben Durchmesser des herzustellenden Cylinders ist. Bei Herstellung identischer Körper in größeren Mengen wären nur die entsprechenden Verschiebungen des Werkzeuges mittels der beiden Supportspindeln immer in dieselbe Endstellung auszuführen. Man könnte versuchen, die Schraubenspindeln mit einer Teiltrommel zu versehen, wie dies bei *a* Fig. 3 angedeutet ist und hiermit die Einstellung zu bewirken. Dies ist hauptsächlich deshalb untunlich, weil die Supportspindeln als Bewegungsschrauben stark beansprucht werden und infolgedessen „toten Gang“ haben, also als Meßschrauben erfahrungsgemäß ungeeignet sind. Auch eine Begrenzung der

Bewegung des Werkzeuges durch einen festen Anschlagstift *b*, Fig. 2 und 3, der in diesem Falle den Weg von *W* begrenzen würde, ist nicht brauchbar, da die hohe Übersetzung der Schraubenspindel ein Gegendrücken von *W* an *b* mit großer Kraft ermöglicht, also bald Abnutzung an der Berührungsstelle herbeiführen würde. Zudem werden an einem solchen festen Anschlag erfahrungsgemäß kleine Spänchen festgehalten und machen die Einstellung fehlerhaft. Auf Grund dieser Betrachtungen wurde beschlossen, die bei der Einstellung sich bewegenden Teile *S* und *W* des Kreuzsupports auf den kurzen Arm eines Hebels drücken zu lassen, dessen langer Arm über einer Skala spielt, an welcher die Größe der

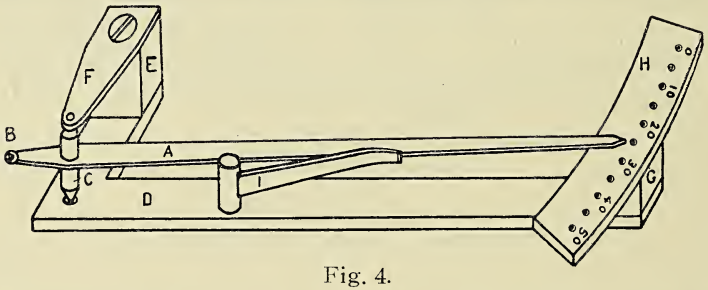


Fig. 4.

Bewegungen beobachtet werden kann. Dies Verfahren verlangt nur die Übertragung der ganz geringen Kraft, welche zur Bewegung des Hebels notwendig ist und bietet noch den Vorteil, die Bewegung des Werkzeuges vergrößert sichtbar zu machen, was die Sicherheit des Arbeitens erheblich erhöht. Man erkennt, daß diese Anordnung auf den bekannten Fühlhebel zur Messung kleiner Längen, bezw. Bewegungen zurückgreift. Für den vorliegenden Zweck wurden solche Fühlhebel in besonderer Ausführung hergestellt. In Fig. 4 zeigt *A* den ungleicharmigen Hebel, der am langen Arm in eine Zeigerspitze ausläuft und am kurzen Arm eine gehärtete Stahlkugel *B* trägt, welche sich mit sehr geringer Reibung gegen den sich bewegenden Teil des Supportes anlegt. Infolgedessen tritt keine störende Abnützung auf. Durch den Hebel ist die

Axe *C* mit gehärteten kegelförmigen Spitzen an beiden Enden hindurchgesteckt. Die untere Spitze ist gelagert in einer konischen Vertiefung der Grundplatte *D* des Fühlhebels, die obere in einer gleichen Vertiefung der stählernen Blattfeder *F*, welche auf dem an der Grundplatte sitzenden Klötzchen *E* festgeschraubt ist. Die Blattfeder drückt mit einem mäßigen Druck axial auf die Axe *C*, sodaß toter Gang in den Lagern durch Abnutzung nicht entstehen kann. Eine passend angreifende Blattfeder *L* oder eine an *C* angebrachte Torsionsfeder mit entsprechendem Drehsinn sorgen dafür, daß die Kugel *B* an dem sich bewegenden Supportteil immer sicher anliegt. Eine auf der Grundplatte sitzende Erhöhung *G* trägt die Skala *H*. Das Verhältnis des kurzen zum langen Hebelarm war 1:15, man konnte, da an der Skala 0,5 mm noch gut ablesbar war, leicht eine Einstellgenauigkeit von 0,033 mm erreichen. Grundsätzlich brauchte die Skala nur einen Indexstrich erhalten. Um jedoch beim erstmaligen Einstellen des Werkzeuges, sowie beim Auswechseln nicht gezwungen zu sein, den Zeiger des Fühlhebels immer in ziemlich unbequemer Weise auf den Indexstrich einzustellen und um auch zwei nahe beinanderliegende Einstellungen an ein und demselben Fühlhebel zu ermöglichen, wurde eine Skala von etwa 20 ° Umfang angebracht, welche jedoch nicht notwendigerweise isometrisch zu sein braucht und auch keine bestimmte Teilungseinheit haben muß. Es wurde daher meist nicht auf Koinzidenz der Zeigerspitze mit einem Indexstrich, sondern auf bestimmte Zahlen der Skala eingestellt.

Aus der Grundrißfigur 3 ist die Art der Anbringung der Fühlhebel am Kreuzsupport ersichtlich. Von den beiden unteren Supportprismen trägt das feststehende Prisma *R* die Grundplatte *c* des Fühlhebels samt Lagerung und Skala. Das bewegliche Prisma *S* trägt einen Stift *e*, welcher an der Kugel *d* am kurzen Hebelarm des Fühlhebels zur Anlage kommen kann. In gleicher Weise trägt von den beiden oberen Supportprismen das gegen *S* feststehende Prisma *V* die Fühlhebel-

grundplatte *h*, während das bewegliche Prisma die Kugel *i* berühren kann. Am Fühlhebel *c* werden demnach die Cylinderdurchmesser, am Fühlhebel *h* die Cylinderlängen eingestellt.

Die Herstellung eines Körpers nach Fig. 1 verläuft nunmehr folgendermaßen. Die Arbeitsstücke, welche in Durchmesser und Länge etwas größer sein müssen als die entsprechenden Maximalmaße des fertigen Körpers, sind ungefähr auf gleiche Länge von einer runden Metallstange abgeschnitten und werden gegen einen Anschlag in das Spindelfutter *J* eingespannt, sodaß das freie Ende ohne weiteres immer an derselben Stelle des Raumes liegt. Sie sind alsdann außerdem infolge der Bauart des Futters *J* bereits annähernd so eingespannt, daß ihre Axe mit der Spindelaxe zusammenfällt. Nehmen wir an, in Fig. 1 sei die innere Bohrung *b* des fertigen Stückes noch nicht gebohrt, so beginnt die Bearbeitung mit der vorderen Stirnfläche bei *f*. Es wird mittels der Langspindel *x* das Werkzeug, welches vorläufig das umlaufende Werkstück noch nicht berührt, auf den Punkt *f* eingestellt, für den bei der erstmaligen Einrichtung der Drehbank die zugehörige Zahl an der Skala des Fühlhebels *h* ermittelt ist und nun durch Drehen der Planspindel die Werkzeugspitze von *f* senkrecht zur Drehaxe bis zu dieser hin bewegt. Dabei schneidet das Werkzeug das Scheibchen von der Dicke *f . . e* weg und erzeugt die durch *f* gehende Planfläche am Werkstück. Hierbei wurde nur der Fühlhebel *h* (Fig. 3) benutzt. Um die Cylinderfläche von *g* bis *f* mit einem dem Punkte *m* entsprechenden Durchmesser zu erhalten, könnte man versucht sein, die Werkzeugspitze sogleich auf einen Skalenwert entsprechend dem Punkte *m* mittels der Planspindel *T* am Fühlhebel *c* einzustellen und dann mittels der Langspindel *X* die Werkzeugspitze von *f* auf den Punkt *g* zu bringen, indem man auf dem Fühlhebel *h* die zu *g* gehörige vorher ermittelte Zahl einstellt. Dies ist jedoch in dem vorliegenden Falle nicht möglich, da die Differenz der Durch-

messer des Rohmaterials und des fertigen Stückes, das heißt, die wegzuschaffende Materialmenge zu groß wäre. Das wegzuarbeitende Material ist ein Cylinderring von beträchtlicher Dicke, der in mehrere (in der Figur 1, in 6) Cylinderringe von geringerer radialer Stärke zu zerlegen ist. Man merkt sich für diese einzelnen Stellungen *r, q, p, o, n* die ungefähren Angaben des Fühlhebels *c*, stellt zuerst *r* mittels der Planspindel *T* ein, läßt die Planspindel unberührt, und verschiebt mit der Langspindel *X* das Werkzeug von *f* bis *g*, zieht das Werkzeug mit der Langspindel über *f* hinaus zurück, stellt mit der Planspindel auf *q* ein, geht mit der Langspindel von *f* bis *g* und wieder zurück und so fort, wobei jedesmal ein Cylinderring von der Länge *f*—*g* und der radialen Stärke gleich der Differenz zweier aufeinanderfolgender Planspindeleinstellungen weggenommen wird. Brauchten die Einstellungen *r, q, p, o* und *n* nur annähernd eingehalten zu werden, da es sich ja nur um stufenweise Wegschaffung von Material mit vom Fall zu Fall annähernd gleichem Kraftaufwand handelte, so ist die Einstellung auf *m* genau auszuführen, da sie ja den verlangten Cylinderdurchmesser am fertigen Stück liefert. Entsprechend wird der Cylinder von *g* bis *h* in 4 Stufen mit den Einstellungen *r, q, p* und *o* an der Planspindel und der Einstellung bis *h* an der Langspindel fertiggestellt, wobei *o* genau einzustellen ist. Der Cylinder von *h* bis *i* wird mit einer genauen Einstellung des Fühlhebels *c* mittels der Planspindel auf den verlangten Durchmesser und vermittels der Langspindel mit Einstellung auf dem Fühlhebel *h* auf die erforderliche Länge gebracht. Sollten die Durchmesserdifferenzen und damit die Verschiebungen der beweglichen Prismen *S* und *W* so groß sein, daß die Zeigerspitze des Fühlhebels die Skale überschreitet, so macht man den an *S* eingeschraubten Stift *e*, der die Kugel am kurzen Fühlhebelarm betätigt, so kurz, daß der Fühlhebel *c* für den größten Durchmesser des Werkstücks gerade noch einen Wert am Ende der Skala angibt, dann infolge Abgleitens der Kugel

vom Stift *e* durch den Druck der Blatt- oder Torsionsfeder auf *o* zurückkehrt und dann durch einen zweiten Stift *f* für den nächsten Durchmesser eingestellt wird, wieder durch Abgleiten auf Null zurückkehrt und durch einen dritten Stift für einen dritten Durchmesser eingestellt werden kann. Dasselbe Verfahren ist naturgemäß auch für die Langspindel anwendbar. Dieses Beispiel ist zugleich ein Beweis für die große Anpassungsfähigkeit des Fühlhebels an die Erfordernisse der Drehbankarbeit.

An dem in Fig. 1 dargestellten Arbeitsstück ist nun noch das zentrale Loch mit der Tiefe *u* bis *s* zu bohren. Zu diesem Zweck wird in der Reitstockspindel *N* Fig. 2 rechts ein den verlangten Lochdurchmesser genau ergebender Bohrer *Z* zentral eingesetzt. Auf dem Bohrer sitzt die Grundplatte des Fühlhebels. Dringt der Bohrer durch Vorschieben der Pinole infolge Drehens der Kurbel *O* in das rotierende Werkstück immer weiter ein, so wird sich bei einer bestimmten erreichten Tiefe die Kugel des kurzen Fühlhebelarms an die am vorderen Ende des Arbeitsstückes entstandene Kreisringfläche *c* anlegen und den Fühlhebel zum Ausschlag bringen. Der der richtigen Lochtiefe entsprechende Ausschlag wird durch einen Vorversuch ermittelt. Nach Fertigstellung der rechten Seite wird das Arbeitsstück ausgespannt, mit der unbearbeiteten Seite nach rechts von neuem eingespannt und nun nach dem vorher beschriebenen Verfahren die Stirnfläche durch Wegdrehen des Scheibchens von der Dicke *l* bis *k* hergestellt, alsdann in 5 Stufen der Cylinder *i* bis *k* mit Planspindeleinstellung genau bis zum Punkte *t* hergestellt. Der Innenkegel bei *d* wird dadurch angearbeitet, daß *V* gegen *S* im Grundriß (Fig. 2 u. 3) so gedreht wird, daß die Langspindel *x* in die Richtung der Seitenlinie des Kegels fällt. Wird die Langspindel gedreht, während die Werkzeugspitze gerade auf dem Basiskreis des Kegels steht, so dringt das Werkzeug in das rotierende Werkstück ein und erzeugt den Kegelmantel in einem Zuge, wobei mit dem weiteren Ein-

dringen Späne von wachsender Breite abgelöst werden müssen, was nach früher Gesagtem unzulässig ist. Man bringt daher die Werkzeugspitze zuerst ziemlich nahe an die Drehaxe heran vermittels der Planspindel, arbeitet einen kleinen Kegel durch Vorschieben des Werkzeuges mittels der Langspindel gerade bis zur Drehaxe aus, stellt durch Entfernen des Werkzeuges von der Drehaxe mittels der Planspindel einen etwas größeren Kegeldurchmesser ein und so fort, bis ein vorher ermittelter Ausschlag des Fühlhebels *c* den richtigen Basisdurchmesser des Kegels und damit auch die verlangte genaue Lage der Kegelspitze auf der Axe des Körpers gegen die Endflächen ergibt.

Die Anwendbarkeit des Fühlhebels bei Arbeiten an der Drehbank ist hiermit noch nicht erschöpft. Spannt man beispielsweise einen Rotationskörper in das Futter *z* ein, so kann man untersuchen, ob die Axe des Körpers mit der Axe der Spindel zusammenfällt, d. h. daß der Körper „zentrisch läuft", indem man die Kugel eines Fühlhebels mit dem Rotationskörper in Berührung bringt, derart, daß der Hebel in seiner Längsrichtung tangential zum Rotationskörper steht. Dann bleibt der Zeiger nur in Ruhe, wenn der Rotationskörper genau rund ist und seine Axe mit der Spindelaxe zusammenfällt. Verfeinern läßt sich diese Methode, indem man, statt der Zeigerablesung sich zu bedienen, auf dem Hebel eine empfindliche Libelle anbringt und deren Einspielen beobachtet, wobei der Hebel annähernd horizontal angebracht werden muß. Auch an der Hobel- und Fräsemaschine sind die vorbeschriebenen Verfahren mit Vorteil anwendbar. Die Verwendung des Fühlhebels zur präzisen Schnelleinstellung von Werkzeugen, die, soweit dem Verfasser bekannt, in dieser Form noch nicht benutzt wurde, hat sich im Dauerbetriebe in der Werkstätte des Instituts durchaus bewährt. Ausgearbeitet wurde die Methode vom Verfasser unter praktischer Mithülfe des Institutsmechanikers Herrn Paul Görs.

In der Wahlsitzung wird Herr Dr. med. Katsch zum außerordentlichen Mitglied gewählt.

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

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

№ 2 Juli 1918

In der Sitzung vom 10. Juli hielt Herr R. Wedekind den Vortrag:

Beiträge zur progressiven Entwicklung der Organismen.

Mit 12 Textfiguren.

I. Vorbemerkungen.

Eine moderne Paläontologie kann sich nicht damit begnügen, Fossilien eingehend und genau zu beschreiben, was ja höchst verdienstvoll sein kann, oder zu untersuchen, ob ein vor 50 Jahren aufgestellter Name einem vor 10 Jahren gewählten Namen vorzuziehen ist. Sie wird sich vielmehr ihr wertvollstes Rüstzeug, das sind die ihr zur Verfügung stehenden ungeheuren Zeitspannen, dienstbar machen müssen und untersuchen, wie und in welcher Weise sich die Organismen umgeformt haben. Die Paläontologie ist freilich nicht in der Lage, den gesamten Zusammenhang der Tierwelt zu erfassen, sie muss sich vielmehr damit begnügen, die Veränderungen zu studieren, die kleinere sicher zusammengehörige Gruppen von Organismen im Laufe der geologischen Zeiten erfahren haben sowohl im Bau wie in der Lebensweise.

Die Veränderungen der Organismen sind entweder stetige (erbliche) oder unstetige (nicht erbliche), sie sind also genotypische oder phänotypische. Der Entwicklungs-

gang in der Zeit bedingt durch stetige Veränderungen führt zu einer fortschreitenden Komplizierung der Organismen. Die einzelnen Veränderungen stehen also nicht für sich allein da, sie sind vielmehr kausal miteinander verknüpft. Diesen kausalen Zusammenhang bezeichne ich mit O. Hertwig als Progression und die Entwicklung als eine progressive.

Eine stetige Veränderung ist möglich durch Umbildung schon vorhandener Baustücke der Organismen (Transformation) oder durch Hinzufügung neuer Baustücke zu schon vorhandenen (Adordination). Die Adordination führt zu aneinander gekoppelten Baustücken, die mit Dürken (1918) als koordiniert bezeichnet werden können.

Die stetigen Veränderungen sind entweder labil, d. h. nicht gerichtet oder stabil. Im letzten Falle schreitet die Veränderung in bestimmten Bahnen vorwärts, sie ist dabei entweder positiv (Progression s. str.), negativ (Regression) oder exzessiv (z. B. Elephantidae). Besonders wichtig ist dann noch die eigenartige Erscheinung, die ich als pseudospontane Progression bezeichnen möchte. Ihr Wesen besteht darin, daß innerhalb einer Progressionsreihe ein Charakter, der normal und vollständig erst wesentlich später auftritt, gleichsam in voreiliger Entwicklung bei den älteren Formen der Progressionsreihe in Erscheinung tritt.

Die bestimmt gerichtete Entwicklung hat keineswegs etwas mystisches in sich. Nur dem rückschauenden Betrachter erscheint sie wie die hohe Entwicklung unserer Technik bestimmt gerichtet. Auf Grund zahlreicher und sehr verschiedenartiger Versuche (labile Entwicklung oder Entfaltung) suchte man vorwärts zu kommen. Manche Versuche führten in eine Sackgasse (exzessive Entwicklung), während andere zu einem brauchbaren Ziele führten (progressive Entwicklung). Wenn endlich bei einer Vollkommenheit des Erreichten unglückliche und unpraktische Neuerungen eingeführt werden, so bedeutet das einen Rückschritt (nega-

tive Progression oder Regression). Außerdem zeigt es sich zuweilen, daß ein genialer Erfinder Dinge ahnt oder ausprobiert, die erst viel später bei einem höheren und fortgeschritteneren Zustande der Technik tatsächlich ausgeführt werden können, was unserer pseudospontanen Entwicklung vergleichbar wäre.[1])

II. Über den Schalenbau der Gastropoden.

Untersuchungen, die ich vor einigen Jahren über den Bau der Spindel fossiler und rezenter Gastropoden begonnen habe, haben gezeigt, daß der Bau der Gastropodenschale ein sehr mannigfaltiger und zum Teil außerordentlich komplizierter ist. Da auf diesem Gebiete bisher nennenswerte Vorarbeiten nicht vorhanden sind, ist es noch nicht wie bei den Ammonoidea möglich, schon jetzt alle Beziehungen, die zwischen den verschiedenen Bautypen bestehen, klarzulegen. Bei der großen Bedeutung dieses Gegenstandes für die Paläontologie gebe ich hier einen kurzen Überblick über meine bisherigen Untersuchungen, in dem ich mich dabei bemühen werde, auf die Zusammenhänge, die vorhanden sind, hinzuweisen.

1. *Die Schalenstruktur der Gastropoden.*

Als Vorbemerkungen der später folgenden Ausführungen seien hier zunächst einige orientierende Daten über die Schalenstruktur mariner Gastropoden eingeschaltet:

Die Schale der älteren resp. primitiveren Gastropoden besteht aus folgenden Schichten:

1. der (äußeren) Epidermisschicht, die besonders bei Brakwasserformen eine größere Bedeutung gewinnt;
2. der Faserschicht (Porzellanschicht), die aus gleichgerichteten senkrecht zur Schalenoberfläche stehenden Fasern oder Prismen resp. Fibrillen aufgebaut ist. Sie ist meist von größerer Dicke;

1) Vergleiche auch das Altklugsein der Kinder.

3. der Perlmutterschicht, die aus sehr feinen, dünnen, wellig gebogenen Lamellen besteht, welche parallel zur Schalenoberfläche orientiert sind. Ihre Dicke ist sehr verschieden;
4. dem Hypostrakum, das die dünnwandigen Jugendwindungen innen flächenhaft versteift.

Die Schale der höher stehenden Prosobranchier — namentlich der durch Kanal ausgezeichneten Formen — ist von wesentlich anderer Struktur. Sie besteht aus folgenden Schichten:

1. der (äußeren) Epidermisschicht;
2. der äußeren, mittleren und inneren Bänderschicht. Die sehr feinen Fibrillen setzen kleine Blätter derart zusammen, daß die Blätter derselben Bänderschicht parallel neben einander liegen, die Fibrillen zweier nebeneinander liegenden Blätter sich unter rechtem Winkel kreuzen. Die Blätter der verschiedenen Bänderschichten bilden ebenfalls einen Winkel von 90° miteinander;
3. dem Hypostrakum.

Dazu kommt bei beiden Strukturtypen eine weitere dem Hypostrakum ähnliche Schicht, die hier provisorisch als Füllmasse bezeichnet werden mag. Sie füllt nicht mehr bewohnte Hohlräume aus und ersetzt resorbierte Schalenteile. Sie ist in ihrer Struktur und Entstehung bisher nicht genau untersucht.

Die Umwandlung der Schalenstruktur der marinen Gastropoden ist ein durchaus progressiver Vorgang, der eine immer größere Widerstandsfähigkeit erzeugt.

2. Der Bau der Spindel bei Gastropoden.

Die Molusken haben eine auch einheitlich angelegte Schale, die in ihrer ursprünglichen Form einem Kegel zu vergleichen ist, Dieser Kegel ist wiederum um eine Achse in einer Ebene, also symmetrisch aufgerollt und zwar exogastrisch, sodaß also die Ventralseite die Außenseite bildet. Das ist sowohl bei den Tetrabranchiern unter den Cephalopoden wie bei Prosobranchiern der Fall. Bei den Gastropoden ist diese Aufrollung mit der Torsion,[1]) bei den Cephalopoden nie mit Torsion verbunden. Aus dieser symmetrisch aufgerollten Schale geht die asymmetrisch in der

1) Die Torsion besteht in einer Drehung der Schale mit dem Eingeweidesack zum Kopffuß im Halsabschnitt um 180°.

Korkzieherspirale aufgerollte Schale hervor, indem die Aufrollungsebene kontinuierlich auf der Aufrollungsachse nach einer Seite hin verschoben wird. Dieser Vorgang ist sowohl bei Gastropoden wie bei Cephalopoden der gleiche, indessen herrscht die symmetrische Aufrollung bei Cephalopoden, die asymmetrische bei Gastropoden vor.

Wir gehen bei dem Begriffe der „Spindel“ [1]) von der Grundform des Gehäuses aus und verstehen unter der Spindel die Summe derjenigen Wände der Röhre, die der Aufrollungsachse zugewandt sind. Die Spindel wird also von den spiralen Schalenwänden gebildet, die, zwischen den Nähten oder Suturen gelegen, in weiter oder größerer Entfernung um die ideale Aufrollungsachse herumlaufen. Ist ihre Entfernung von der Aufrollungsachse gleich null, so ist um die Aufrollungsachse herum ein Hohlraum nicht vorhanden. In diesem Falle ist die Spindel eine Vollspindel, im ersteren eine Hohlspindel. Ist die Aufrollung eine symmetrische, so sind die Spindelbildungen paarig, im anderen Falle unpaar. Wenn man aber den Winkel, den der Hohlkegel einer Hohlspindel bildet, als den Spindelwinkel bezeichnet, so kann man auch streng genommen sagen, daß bei asymmetrischer Aufrollung der eine Spindelwinkel größer als 180^0 ist. Bei der Kontinuität des gesamten Vorganges dürfte das das exaktere sein.

---

1) Philippi (Handbuch der Konchyologie etc. S. 58) schreibt: „In dem zweiten Fall berühren sich die Windungen dergestalt, daß die Achse des Gehäuses eine Art gedrehter Säule darstellt, welche entsteht, indem die verschiedenen Windungen hier miteinander verwachsen sind, wie man sehr schön sieht, wenn man eine in diese Abteilung gehörige Konchylie aufsägt oder aufschleift. Man nennt daher diesen Teil im eigentlichen Sinne des Wortes columella, Säulchen, Spindel, engl. pillar. Häufig versteht man unter diesem Ausdruck aber auch denjenigen Teil der Mündung, welcher, mehr oder weniger vollständig, der Achse entspricht.“ Man vergleiche hierzu die Anmerkung Seite 30 und insbesondere den Begriff umbilicus verus.

Bei dieser Definition wird auch der höchst ungeschickte Begriff Nabel[1]) eingeschränkt. Das kann, bei der großen Verwirrung, den dieser Begriff in der konchyologisch-paläontologischen Literatur hervorgerufen hat, nur von Vorteil sein. In der ursprünglichsten Form hat man wohl unter Nabel ganz allgemein eine Einsenkung in der Richtung der Aufrollungsachse bezeichnet. Man hat darunter dann namentlich unsere Hohlspindel verstanden, die aber doch nicht wesentlich von der Vollspindel verschieden ist, und daher auch die gleiche Bezeichnung Spindel erhalten muß. Wenn eine etwa vorhandene kallöse Ausfüllung der Hohlspindel in der Mitte eine Eindellung zeigt, so ist auch hier der Begriff Nabel angewandt. Zuweilen zeigt der bei Ammonoidea zwischen zwei Nähten gelegene Teil der Spindelwand durch eine Kante oder Umbiegung eine Teilung in zwei Flächen. Auch auf eine derselben hat man die Bezeichnung Nabelwand angewendet, obwohl dieser Begriff auch nach der alten Definition der gesamten Fläche zukommt. Will man den Begriff Nabel beibehalten, was aus verschiedenen Gründen empfehlenswert erscheint, so sollte man damit nur den Hohlraum einer Hohlspindel bezeichnen, aber nicht von Nabelwänden sprechen, weil dadurch der Anschein erweckt wird, als ob die Wände der Hohlspindel verschieden von denen der Vollspindel seien.

Untersucht man von dieser Definition aus die ent-

---

1) R. A. Philippi (Handbuch der Konchyologie etc. S. 60) sagt: „Im Zentrum der Grundfläche findet sich bei vielen Gehäusen eine eigentümliche Ablagerung von Kalkmasse wie eine Schwiele, Nabelschwiele, callus umbilicalis (ein Hauptkennzeichen bei Globulus und Rotella), und dann heißt sie natürlich schwielig, callosa; häufig zeigt sich ein sogenannter Nabel, umbilicus, eine trichterförmige weitere oder engere Vertiefung. Als echten Nabel, u. verus, kann man diejenige Vertiefung bezeichnen, die bis zur Spitze durchgeht, z. B. bei Trochus umbilicaris L., als unechten Nabel, u. spurius, eine jede nabelähnliche Vertiefung, die dies nicht tut . . . . . .“ usw.

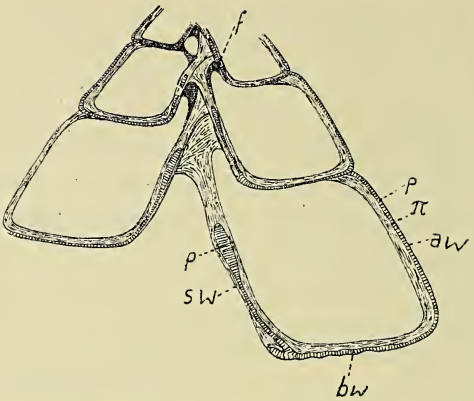
sprechenden Bildungen, so ergeben sich bei Gastropoden interessante Gesichtspunkte, die insbesondere systematisch zu verwenden sind, während die gleichen Bildungen bei Cephalopoden höchst eintönig erscheinen. Da sich erwarten läßt, daß bei einfacher und bei komplizierter Mündung wesentliche Unterschiede hervortreten, soll hier die Spindel der holostomen und siphonostomen Gastropoden gesondert betrachtet werden.

3. Über den Bau der Spindel bei holostomen Prosobranchiern.

a) Trochidae.

Die Euomphalidae gehen kontinuierlich in die Turbinidae über. Das zunächst nahezu symmetrisch aufgerollte Gehäuse nimmt durch Heraustreten des Gewindes immer mehr die Form der eigentlichen Schneckenspirale an. Dadurch geht die Doppelspindel in eine (einseitige) Hohlspindel und dann bei Turbo in eine Vollspindel über. Den Turbinidae schließen sich unmittelbar die älteren Astraliidae an, die von den Turbinidae durch das scharfe Zurückspringen der Anwachsstreifen unterschieden sind. An die Turbinidae resp. Astraliidae schließen wiederum die Trochidae an — mit scharf zurückspringenden Anwachsstreifen und hornigem Deckel. Die Trochidae zeigen sehr auffällige Komplikationen, die zunächst an einigen Beispielen dargestellt werden sollen.

Als Ausgangspunkt mag die Gattung Infundibulum dienen (Figur 1). Die Spindelwände (*sw*) von Infundibulum zeigen ein recht eigentümliches Verhalten dadurch, daß die Porzellanschale (*p*) sich an der Stelle, wo die Basalwand in die Spindelwand umbiegt, knopfartig verdickt. Von dieser Stelle ab ist die Porzellanschale in der Spindelwand *(sw)* zunächst von geringerer Stärke, um darauf wieder dicker zu werden. Dieser gesamte Teil der Porzellanschale ist außerdem innen und außen von Perlmutterschale *(π)* umgeben.

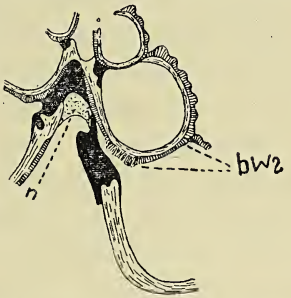


Figur 1. *Längsschnitt durch das Gehäuse eines Infundibulum. SW* = Spindelwand, *aw* = Außenwand, *bw* = Basalwand, *p* = Porzellanschale, *π* = Perlmutterschale, *f* = Füllmasse.

Die so gebauten Spindelwände der einzelnen Windungen gehen nicht, wie das sonst bei Gastropoden der Fall ist, kontinuierlich ineinander über, sondern konvergieren gegeneinander, indem sie dabei tief in den Hohlraum der Hohlspindel eingreifen, sodaß der Hohlraum der Hohlspindel im Längsschnitt in mehrere Abschnitte zerfällt. Hohlspindeln dieser Art hat Philippi als falschen Nabel bezeichnet, ohne aber den wirklichen Bau zu erkennen. Von besonderer Bedeutung ist die in den Ecken ausgeschiedene Füllmasse (*f*), die in unseren Abbildungen immer schwarz wiedergegeben ist.

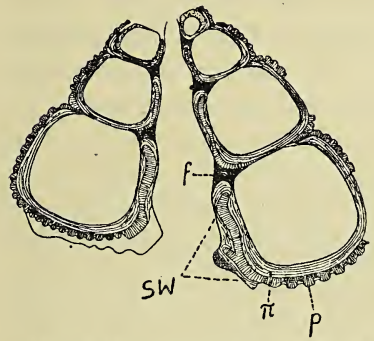
Wesentlich anders gestaltet sich das Bild bei Clanculus angulatus Eichw. aus dem jüngeren Tertiär, der zu Unrecht unter dem Namen Monodonta geht. Die noch stark konvergierenden Spindelwände des letzten Umganges sind durch Füllmasse an den mittleren Teil der Spindelwände des vorhergehenden Umganges angeschweißt. Damit wird aber auch eine weitere Verlängerung der Spindelwände über diesen Punkt hinaus nicht notwendig. Bei den rezenten Vertretern von Clanculus ist, wie unser Längsschnitt Figur 3 zeigt, die Spindelwand (*sw*) vollkommen ausgerichtet und bildet mit der der vorhergehenden Umgänge eine nahezu regelmäßige Hohlspindel. Indessen ist die Spindelwand auf dem

letzten Umgange unvollständig, da sie mit ihrem oberen Ende die Basalwand des vorhergehenden Umganges nicht erreicht. Hier wird also die Spindelwand der Hohlspindel während eines halben Umganges durch einen für die echten Trochinae (non Gibbulinae) äußerst charakteristischen Schlitzes

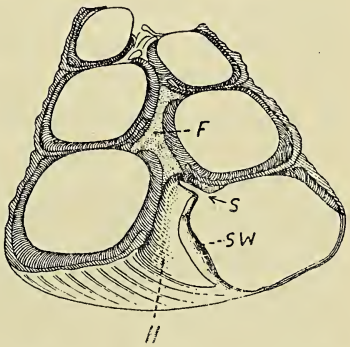


Figur 2. *Längsschnitt durch das Gehäuse von Clanculus angulatus Eichw, bw* = Basalwand des vorletzten Umganges.

unterbrochen.[1]) Dieser Schlitz wird auf den vorhergehenden Umgängen beim Weiterwachsen der Schale durch Füllmasse (*f*) ausgefüllt, wie das unsere Abbildung recht deutlich zeigt. Es ist beachtenswert, daß bei dem tertiären Clanculus angulatus die inneren Umgänge noch auffallend einem Infundibulum gleichen.



Figur 3. *Längsschnitt durch das Gehäuse eines rezenten Clanculus.*



Figur 4. *Längsschnitt durch das Gehäuse eines Trochus. H* = offene Hohlspindel, *F* = durch Füllmasse ausgefüllte Hohlspindel, *S* = Trochusschlitz.

[1]) Vergleiche Figur 4.

Trochus selbst besitzt einen Bau, der ganz dem von Clanculus entspricht. Auch hier tritt der „Trochusschlitz“ auf einem großen Teile des Schlußumganges sehr deutlich hervor (Figur 4). Auf den vorhergehenden Umgängen ist er deutlich durch Füllmasse geschlossen. Außerdem ist bei Trochus durch Vermehrung der Füllmasse weiterhin auch die gesamte Hohlspindel ausgefüllt. Diese Art der Hohlspindel kann als ausgefüllte und (durch den Trochusschlitz) unterbrochene Hohlspindel bezeichnet werden (Figur 4).

Trochus macht weiterhin den Bau einer Reihe von Monodonta-Arten verständlich, bei denen der Schlitz so vergrößert ist, daß die Spindelwand mehr oder weniger ganz fortfällt. Durch Füllmasse wird nunmehr eine vollständig „falsche Vollspindel“ hergestellt, wie das unsere Abbildung Figur 5 zeigt. Ich habe beiläufig bemerkt Trochidae kennen gelernt, die ähnlich Monodonta eine „falsche Hohlspindel“ besitzen.[1])

An Trochus selbst schließt Tectus an, bei dem die Spindelwand stark verkürzt und knopfartig verdickt ist.

Es liegt somit innerhalb der Trochidae eine interessante progressive Entwicklung vor, die ihren Ausdruck in der Umformuug der Spindelwand findet. Den Ausgangspunkt bilden Formen mit Vollspindel und intakter Spindelwand. Durch sekundäre Öffnung der Vollspindel, indem dabei die

---

1) Es sei hier nochmals bemerkt, daß bei den Trochidae mit Schlitz die Spindelwand außen und innen mit Perlmutterschale ausgekleidet ist, sodaß die ursprünglich außen gelegene Porzellanschale nach innen verlagert ist. Durch lokale Verdickung dieser innen gelegenen Reste der Porzellanschale können an der Mündung in verschiedener Zahl zahn- und leistenartige Verdickung entstehen, die bei den verschiedenen Typen der Spindel also auch bei verschiedensten Gattungen der Trochidae auftreten.

Die Trennung von Monodonta und Gibbula erscheint mir bei fossilen und rezenten Arten bisher nicht vollständig durchgeführt, da eine Reihe rezenter als Monodonta bezeichneter Arten den Schalenban von Gibbula besitzen. Es sind das namentlich kleinwüchsige Formen.

distalen Teile miteinander in Verbindung bleiben, werden die Verhältnisse von Infundibulum herbeigeführt. Der Entwicklungsgang führt wiederum zu einer Spindelbildung, die einer normalen Hohlspindel oder auch Vollspindel vergleichbar ist, indem die Spindelwände wieder ausgerichtet werden. Dabei entsteht der Trochusschlitz. Durch Anwachsen des Schlitzes und entsprechender Ausdehnung der Füllmasse entsteht die falsche Vollspindel von Monodonta.

Der zeitliche Gang dieser Entwicklung läßt sich zur Zeit noch nicht genauer übersehen. Im Paläozoikum sind echte Trochidae nicht vorhanden. Die aus dem Paläozoikum angeführten Formen gehören wohl zu den Astraliidae. Die jurassischen als Trochus bezeichneten Formen haben, wie man sich leicht durch Anschleifen überzeugen kann, einen wesentlich von Trochus verschiedenen Bau. Hier hat das Auftreten von zahnartigen Verdickungen vielfach zu falschen Bestimmungen Veranlassung gegeben. Formen dieser Art werden wohl besser als Calliostoma oder Präcalliostoma bezeichnet, ein Genus der Trochidae, das, soweit ich bisher beurteilen kann, recht primitive Charaktere bewahrt hat. In der Kreide sind echte Trochidae zweifellos vorhanden. Andererseits sind Clanculus-ähnliche Formen bereits aus der Trias beschrieben.

Danach würde die Entwicklung der Trochidae im Mesozoikum beginnen. Die Umwandlung ist eine so langsame, daß in der Jetztzeit noch sämtliche Stadien der Trochusspindel vorhanden sind. Die Trochidae haben sich wesentlich langsamer umgewandelt als die Ammonoidea, bei denen die verschiedenen aufeinanderfolgenden Stadien schnell einander abgelöst haben. Daher auch das ständige Nebeneinandervorkommen neuer und alter Gastropodentypen, was bei Ammonoidea nur ausnahmsweise der Fall ist.

b) Umbonium.

Die kleine geologisch und paläontologisch selbständige und alte Gruppe von Prosobranchiern, die sich an Um-

bonium anschließt, zeigt im Bau der Schale viel Ähnlichkeit mit manchen Trochinae. Die große Ausbreitung der Füllmasse, die hier ebenfalls in Verbindung mit einem Schlitz der Spindelwand auftritt, führt zur Bildung einer „Nabelschwiele". Von Bedeutung erscheint, daß Umbonium eine relativ weite und unterbrochene Hohlspindel besitzt, die also lediglich ausgefüllt ist. Die weitere Verfolgung dieser Beobachtung wird zu systematisch wichtigen Schlüssen führen. Der Bau der devonischen Umbonien ist von dem der rezenten nicht verschieden.

Innerhalb der gesamten Trochacea stellen sich die Umbonien wie Medlicottia innerhalb der Ammonoidea als eine pseudospontane Progression dar.

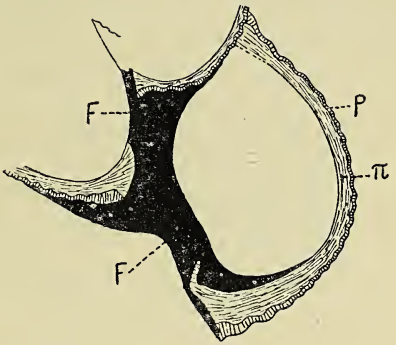
c) Neritidae.

Eine wesentlich abweichende und von der der Trochidae verschiedene Umwandlung zeigt die Familie der Neritidae. Während bei den Trochidae die gesamte Umformung an die Bildung eines falschen Nabels anschließt, geht sie hier von einer Resorbtion der inneren Windungen aus. Es hat den Anschein, als ob einer ungewöhnlichen Verdickung der Innenlippe eine Resorbtion der inneren Windungen entspricht, sodaß der Ausgangspunkt der Neritidae demnach in den Naticopsidae (= Neritopsidae Fischer) zu suchen wäre. Tatsächlich sind auch Resorbtionserscheinungen der inneren Windungen bei manchen Naticopsidae beobachtet worden.

Diese Resorbtion beginnt in der Spitze des Gehäuses, indem hier die Spindel- und Basalwände wohl chemisch aufgelöst werden. Dabei bleiben die Schalenwände der letzten Umgänge zunächst von der Resorbtion unberührt. Fälle dieser Art sind noch nicht hinreichend untersucht.

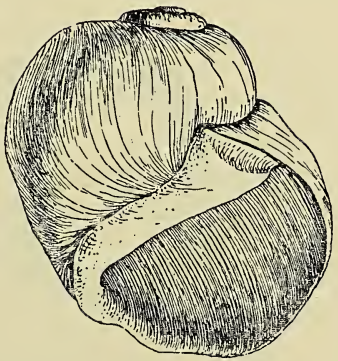
Bei der großen Menge der mesozoischen Formen ist die Resorbtion bis zum letzten Umgang fortgeschritten, indessen so, daß noch eine echte Innenlippe vorhanden ist, die einer

echten, zum größten Teil noch nicht resorbierten Basalwand des vorhergehenden Umganges aufliegt. Es ist hier nun von Wichtigkeit, daß ein Ersatz für die resorbierte Spindel nicht geschaffen wird. Als Beispiel kann die mesozoische Mesone-



Figur 5. *Längsschnitt durch das Gehäuse einer rezenten Monodonta. F* = Füllmasse der falschen Vollspindel.

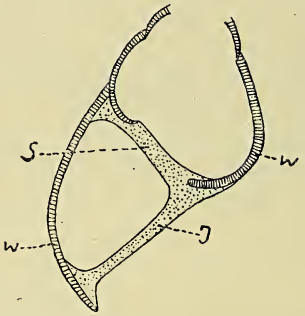
rita [1]) sinuosa aus dem oberen Jura Hannovers herangezogen werden. Durch eine stark abgeplattete Innenlippe und eine scharfe Kante auf dem hinteren Teile der Innenlippe ist Mesonerita n. g. von den triadischen Gattungen wie Neritaria Koken, Cryptonerita Kittl und Trachynerita Kittl unterschieden (Figur 6).



Figur 6. *Mesonerita sinuosa.* Oberer Jura von Hannover.

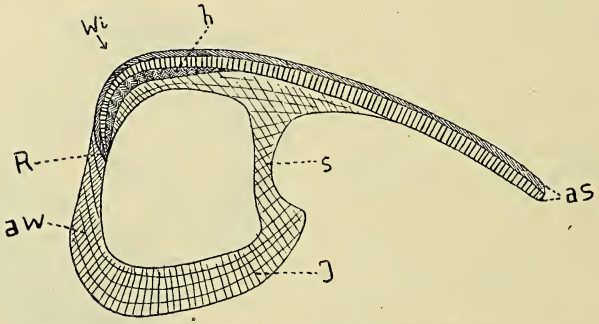
1) Die Aufstellung einer besonderen Gattung erweist sich für diese Formengruppe als notwendig.

Im vollen Gegensatz zu diesen älteren stehen die jüngeren Neritidae (Fig. 7). Bei Neritina und Nerita sind die gesamten inneren Schalenwände resorbiert. Auch die Innenlippe ist durch eine Schwiele ersetzt, die nun aber nicht mehr einer echten Basalwand aufliegt. Die Spindel selbst ist durch



Figur 7. *Längsschnitt durch das Gehäuse einer rezenten Nerita.* *w* = echte Schalenwände, *J* = neugebildete Innenlippe, *S* = Septum.

ein schräg zur Axe laufendes Septum (*s*) ersetzt, das in keiner Beziehung zu den Nähten steht. Hierin liegt der wesentliche Unterschied gegenüber den älteren Neritidae, bei denen ein Septum, d. i. ein Ersatz für die resorbierten Basalwände, fehlt.



Figur 8. *Schnitt durch das Gehäuse von Velates Schmideli Chem.* *Wi* = Wirbel, *R* = Resorptionsgrenze, *as* = äußere Schale, nicht resorbiert, *aw* = neugebildete äußere Schale, *J* = Innenlippe, *h* = Hypostrakum, *S* = Septum.

Bei Velates endlich greift die Resorbtion auch auf die Außenwände über, sodaß von diesen nur ein kleiner Teil übrig bleibt. Eine sehr kräftige basale Schwiele anstelle der Innenlippe, ein darauf senkrecht stehendes Septum anstelle der Spindel und eine neue kallöse Außenwand erscheinen als Neubildungen (Fig. 8). Woodward hat diese Verhältnisse bereits früher geschildert, sodaß ich bezüglich Einzelheiten auf dessen ausführliche Darstellung verweisen kann.

Insgesamt liegen bei den bisher geschilderten Formen folgende Progressionen vor:

1. Turbinidae: Aus der Hohlspindel wird eine normale Vollspindel. Anwachsstreifen einfach radial.
2. Trochidae: Die Vollspindel führt über einen „falschen Nabel" zu einer falschen Hohlspindel, zu einer ausgefüllten Hohlspindel und schließlich zu einer falschen Vollspindel.
3. Neritidae: Allmählich fortschreitende Resorbtion der inneren Windungen führt zu einem Ersatz der Spindel durch ein Septum und der Innenlippe, der Basal- und Außenwand durch eine Schwiele.

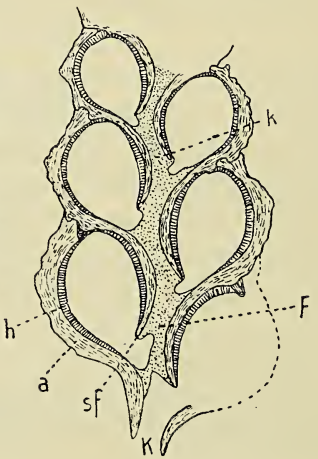
4. Über den Bau der Spindel bei siphonostomen Prosobranchiern.

Zwischen den Prosobranchiern mit holostomer und siphonostomer Mündung besteht ein wesentlich verschiedenes Verhalten darin, daß sich bei den siphonostomen Prosobranchiern auf der linken Körperseite ein Atemsipho herausbildet. Dem Sipho entspricht in der Fortsetzung eine kräftige Muskulatur, die zusammen mit der inneren Fortsetzung des Sipho eine merkliche wulstartige Ausbiegung der linken Körperseite hervorruft[1]). Wenn dort, wo der Sipho austritt,

1) Nach Untersuchung des rezenten Buccium undatum, von dem mir Herr Geheimrat Ehlers Material in entgegenkommendster Weise zur Verfügung stellte.

die Schale in Form einer Röhre ausgebogen ist, so bezeichnet man diese Bildung der Mündung als Kanal. Auf der Schale selbst ruft die innere wulstartige Fortsetzung des Sipho einen Schalenwulst hervor, der links dorsalwärts verläuft und hier als Dorsalwulst bezeichnet werden soll. Da der Sipho an der Austrittstelle aus dem Kanal in der Regel nach oben (dorsal) umgebogen ist, kann der Kanal noch weiterhin einen Ausschnitt oder Schlitz zeigen, dem wiederum eine Rückbiegung der Anwachsstreifen auf dem Dorsalwulst entspricht, die in ihrem gesamten Verlauf das „Schlitzband" bildet. Da nun die Fortsetzung des Sipho nach innen genau in die Richtung der Axe fällt, sind wiederum besondere Komplikationen an der Spindel zu erwarten, die hier bei der außergewöhnlichen Manigfaltigkeit der Erscheinungen — zumal mir auch die Weichteile selbst bisher nur in geringer Zahl vorliegen — trotz meiner vielen Präparate nur soweit besprochen werden sollen, wie es das Gesamtbild erfordert.

Es wird zur Zeit wohl allgemein angenommen, daß die Cerithien und die Nerineen den Beginn der Kanalbildung zeigen. In der Tat fehlt hier in der Regel der Ventralwulst. Einen tatsächlich primitiven Zustand zeigen indes nur die



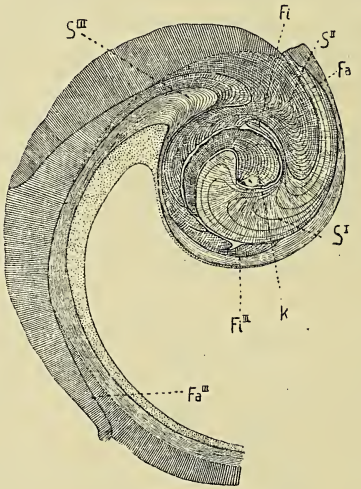
Figur 9. *Längsschnitt durch das Gehäuse von Cerithien.*
K = Kanal des Schlußumganges, Kanal der vorhergehenden Umgänge durch Füllmasse ausgefüllt, *sf* = Spindelfalte, *a* = Schale, *h* = Hypostrakum.

Nerineen mit noch vollständig erhaltenen Schalenwänden. Hier ist also eine echte Spindelwand (*s w*) ausgebildet, was grundlegend für den Bau der Spindel ist. Daher liegt der Kanal seitlich der Aufrollungsachse und die die Hohlspindel begrenzenden Wände sind echte Spindelwände. Es handelt sich bei Nerineen daher immer um eine echte Hohl- oder Vollspindel. Hierin liegt die wesentliche Verschiedenheit, wie wir gleich sehen, gegenüber den Cerithien. Die Nerineen bieten so einen der äußerst seltenen Fälle, wo bei siphonostomen Prosobranchiern ein Kanal zusammen mit einer echten Spindelwand vorkommt.

Nun nimmt aber, wie oben ausgeführt, bei fast allen anderen siphonostomen Prosobranchiern der Sipho mit seiner inneren Verlängerung in Bezug auf das Gehäuse eine axiale Lage ein, die aber nur dann möglich wird, wenn die Spindelwand überhaupt fortfällt, resp. später resorbiert wird und der Kanal dann lediglich eine Ausbuchtung der Basalwand darstellt (man vergl. z. B. irgend einen Vertreter von Buccinum). Das ist bei Cerithien der Fall. Hier kann es also nicht mehr zur Bildung einer echten Hohl- oder Vollspindel kommen, da der Kanal selbst infolge seiner Lage die Funktion der Spindel übernehmen muß, was nur dadurch möglich wird, wenn er hinterher durch Füllmasse ausgefüllt wird, sodaß wir nunmehr von einer einfachen (im Gegensatz zu der komplexen) ausgefüllten Kanalspindel sprechen müssen. Nebenbei sei erwähnt, daß die vordere Spindelfalte (*sf*) der Cerithien nichts weiter als der umgebogene Außenrand des Kanals ist, der bei weiter fortgesetzter Ablagerung von Füllmasse nach hinten verschwinden muß, was, wie unsere Abbildung zeigt, tatsächlich der Fall ist.

Noch ganz ähnliche Verhältnisse können dann bei Fasciolarien, Fusus usw. vorhanden sein. Bei kurzem Gewinde aber und bei verlängertem Kanal greifen die Kanäle der aufeinanderfolgenden Umgänge tutenförmig ineinander und bilden eine komplexe, ausgefüllte Kanalspindel. Längsschliffe

von Clavella geben hiervon ein leicht zu verstehendes Bild. Schwieriger ist ein Querschnitt durch den Kanal selbst zu verstehen. Da Schliffe dieser Art meist mißlingen, gebe ich hier das Bild eines besonders interessanten Querschliffes in Fig. 10 wieder, das gleichzeitig von der speziellen Art des Wachstums eine Vorstellung geben kann. Der hakenförmige Kern (*k*) in der Mitte der Spindel stellt das Ende eines ehemaligen langen Kanals eines der vorhergehenden Umgänge dar. Das Weiterwachsen dieses alten Kanals erfolgte nicht durch einfache Anlagerung von Schalensubstanz an den Rändern, sondern auf die Weise, daß eine neue vollständige, wiederum hakenförmig gekrümmte Schalenwand (*S I*) [1]) der Form des Kanals entsprechend, in der Höhlung des verlas-

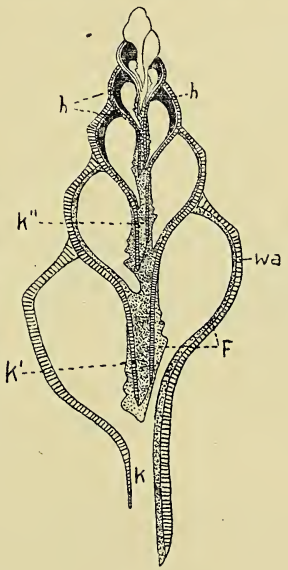


Figur 10. *Querschnitt durch den Kanal von Clavella longaeous.*

senen Kanals abgelagert wurde. Diese Schalenablagerung greift mit dem äußeren Flügel (*Fa*) weit über den äußeren Kanalrand des Kerns (*k*) hinaus, wodurch ein Fortschreiten des Mundrandes in tangentialer Richtung bedingt ist. Der innere Flügel (*Fi*) legt sich dagegen um den Spindelkern herum. Auch die letzte Schalenlage *S III* mit den Flügeln

Fi III und *Fa III* wird auf die gleiche Weise gebildet. Die verschiedenen Wachstumsstadien treten durch die alten Mundränder noch besonders deutlich hervor. Die jeweiligen Kanäle greifen also tutenförmig ineinander.

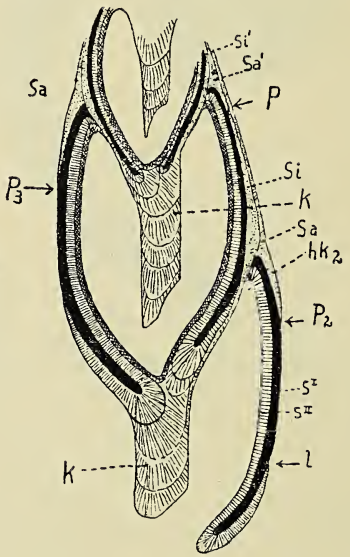
Derartige Verhältnisse können naturgemäß nur auftreten, wenn der Kanal hinreichend lang ist. Bei vielen siphonostomen Gastropoden tritt eine Verkürzung des Kanals hervor. Wenn die Verkürzung des Kanals soweit fortgeschritten ist, daß die Kanäle der aufeinanderfolgenden Windungen sich nicht mehr berühren, so wird der axiale Zusammenhang aufhören müssen, wenn nicht sekundäre Ablagerung anstelle des Kanals erfolgen würde. Bildungen dieser Art zeigt beispielsweise ein in Fig. 11 wiedergegebener Längsschliff einer der Art nach nicht näher zu bestimmenden Fasciolaria. Die Kanäle an und für sich lang, greifen nicht mehr ineinander. Die axiale Verbindung wird durch Ablagerung von Füllmasse oder Hypostrakum hergestellt. Die Verkürzung des Kanals erreicht, wie es scheint, nach meinen Präparaten bei Buccinum



Figur 11. *Längsschnitt durch das Gehäuse einer Tasciolaria.*
K_I K^{II} = Kanäle; der Kanal des Schlußumganges ist noch offen, während die Kanäle der vorhergehenden Umgänge durch Füllmasse *F* ausgefüllt sind. *h* = Hypostrakum.

undatum ein Maximum, sodaß die Spindel in ihrer ganzen Länge bei dieser Art eine sekundäre Bildung darstellt ähnlich der falschen Spindel von Monodonta. Sollte sich das durch die weiteren Untersuchungen bestätigen, so würde die Kürze des Kanals bei Buccinum tatsächlich sekundär sein, wodurch uns wiederum sehr vieles im geologischen Auftreten von Buccinum klar würde.

Daß die Annahme der Verkürzung eines ursprünglich langen Kanals keine willkürliche Annahme ist, zeigen in voller Deutlichkeit die bei Ancillarien u. a. beobachteten Verhältnisse. Die Mündung zeigt bei Ancillaria z. B. anstelle des Kanals lediglich einen Ausschnitt, von einem Kanal ist keine Andeutung vorhanden. Der letzte Umgang endet ohne irgend eine kanalartige Ausbiegung zu zeigen. Da die innere Schalenlage hier außerdem bis zur Stelle *l* auf die Außenseite der Schale übergreift, tritt das Fehlen des Kanals noch besonders deutlich hervor. Bei dem vollständigen Fehlen des Kanals und einer Spindelwand ist die Bildung einer echten Spindel



Figur 12. *Längsschnitt durch das Gehäuse einer Ancillaria.*

naturgemäß ausgeschlossen. Nun wird beim Weiterwachsen an dem vorderen Ende der Außenwand immer im Abstande eines halben Umganges von der Mündung das wulstartige Ansatzstück *k* abgelagert. Dieser Wulst liegt zwar in der Richtung der Axe, hat aber eine etwas exzentrische Lage, sodaß er um die Axe gedreht erscheint.

Diese wulstartige Verdickung (Ansatzstück) stellt bei solchen Formen dann die axiale Verbindung her. Da der Wulst aber, der beiläufig verschieden von dem Dorsalwulst ist, exzentrisch liegt und spiral aufgerollt ist, wird er im axialen Dünnschliff Unterbrechungen zeigen. Wir bezeichnen diese Bildung als Torsionspindel und glauben, daß diese Bezeichnung die Eigenart dieser Spindelbildung voll und ganz wiedergibt.

Bei dieser Gelegenheit seien noch einige weitere Einzelheiten des Dünnschliffes kurz erwähnt. Am hinteren Ende der Mündung (*h k 2*) springt ein Mantellappen nach vorn vor, indem er gleichzeitig gegen die Spitze bis zum Punkte *P* hinaufreicht. Dieser Mantelteil scheidet die matt glänzende Schale ab. Außerdem ist dieser Mantellappen nach außen und rückwärts umgeschlagen, indem er auf der Außenschale bis zum Punkte P_2 nach vorn reicht und von hier aus den ganzen hinteren Teil der Schale bedeckt. Seine vordere Grenze ist durch die P_2 und P_3 verbindende Linie gegeben. Von diesem auf der Außenschale gelegenen Mantelteile wird die im Dünnschliffe ebenfalls sichtbare Schalenlage *S a* ausgeschieden. Da die Schalenlagen *S a* und *S i* flächenhaft abgelagert werden, zeigen sie auch keine Anwachsstreifen. Diese können nur dort auftreten, wo die echte Außenschale nicht überdeckt ist, das ist der zwischen P_2 und 1 gelegene einen Umgang lange Schalenstreifen.

Mit dieser Darstellung ist die Mannigfaltigkeit der Erscheinung bei Gastropoden bei weitem nicht erschöpft. Die Herausbildung eines Kanals ruft mannigfaltige Veränderun-

gen hervor. Hier sind insbesondere die Modifikationen verfolgt, die durch die Verkürzung eines langen Kanals hervorgegangen sind. Es liegt klar auf der Hand, daß die Untersuchungen weiter fortgesetzt für die Palaeontologie systematisch von der größten Bedeutung sein werden. Gerade der Umstand, daß der Bau der Gastropoden, wie bisher angenommen wurde, kein einfacher ist, eröffnet ein neues großes Untersuchungsgebiet.

In der Wahlsitzung wurden zu ordentlichen Mitgliedern gewählt: Herr Prof. Dr. Max Löhlein, sowie das bisherige außerordentliche Mitglied Herr Prof. Dr. Otto Weigel. Zum außerordentlichen Mitglied wird gewählt Herr Dr. Franz Strieder.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

№ 3 Oktober 1918

Herr A. Gürber hielt den angekündigten Vortrag:

Ueber den Wert der Konzentrationsschwelle als Geschmacksmaß.

Die Geschmacksstärke eines Stoffes ist umso größer, je schwächer seine Lösung sein darf, um noch gerade eine Geschmacksempfindung auszulösen. Die Konzentrationsschwelle, wie man die eben wirksame Konzentration der Lösung eines schmeckenden Stoffes bezeichnet, gilt daher als relatives Maß der Geschmachsstärke, da sie in einem umgekehrten Verhältnis zu einander stehend angenommen werden. Praktische Bedeutung hat diese Annahme bei der Bewertung künstlicher Süßstoffe gefunden. Wenn vom Saccharin behauptet wird, daß es 500 mal süßer als Zucker sei, so gründet sich das auf die Tatsache, daß die Konzentrationsschwelle des Saccharins bei 1 : 50 000 und die des Zuckers bei 1 : 100, somit 500 mal höher, liegt. Da aber die Geschmacksschwellensüße praktisch nicht in Betracht kommt, sondern erst bei der 5- bis 8fachen Schwellenkonzentration jene Süße erreicht wird, die wir den Speisen und Getränken zu geben pflegen, so müßte, wenn wirklich im Gebrauch das Saccharin 500 mal süßer als der Zucker wäre, auch die 5- oder 8fach stärkeren Lösungen beider Stoffe gleich süß schmecken. Das ist jedoch nicht der Fall, die Zuckerlösung ist dann viel süßer.

Verdünnt man nun eine solche Zuckerlösung bis zur gleichen Süße mit der Saccharinlösung, so findet man, daß der 5fachen Saccharinlösung eine nur 3,5fache Zuckerlösung, einer 8fachen eine nur 5fache, einer 10fachen eine nur 5,6-fache, einer 20fachen eine nur 7,1fache, einer 30fachen eine nur 8fache, einer 50fachen, d. h. einer Lösung von 1 : 1000 Saccharin eine nur 8fache, d. h. eine Zuckerlösung von nicht 50 : 100, sondern von nur 8,8 : 100 entspricht. Die Zuckerlösung nimmt somit mit steigender Konzentration außerordentlich viel stärker an Süße zu als die Saccharinlösung. Oder mit der Konzentrationsschwelle gemessen würde das heißen:

Erscheint das Saccharin bei der von mir ermittelten Konzentrationsschwelle 550 mal süßer als der Zucker, so ist es bei der 5fachen Schwelle nur mehr 410 mal, bei der 8fachen nur mehr 340, bei der 10fachen nur mehr 300, bei der 20-fachen nur mehr 200 und bei der 50fachen nur mehr rund 100 mal so süß. Ein ähnliches Verhältnis findet sich auch bei dem Süßstoff Dulcin: zuerst 350 mal süßer als Zucker, dann 210, 170, 150, 95 und bei der 35fachen,der wegen der Schwerlöslichkeit stärkstmöglichen Konzentration, nur mehr 60 mal süßer.

Ebenso zeigen einige natürliche Zucker auch keine gleichmäßige Zunahme an Süße bei Vervielfachung ihrer Konzentrationsschwellen. Ist nach der Konzentrationsschwelle der Fruchtzucker 1,6 mal süßer als der Rohrzucker, 2,6 mal süßer als der Traubenzucker und 6,4 mal süßer als der Milchzucher, so sind bei der 4fachen Schwelle die Verhältniszahlen 1,49; 2,2; 4,0 und bei der 12fachen Konzentration für Rohrzucker nur mehr 1,36 und für Traubenzucker 1,77. Auch hier nehmen die an sich weniger süßen Zucker mit der Konzentration ihrer Lösungen stärker an Süße zu als die süßern.

Mit der Vervielfachung der Konzentrationsschwelle bei Saccharin und Dulcin nimmt ersteres stärker an Süße zu, so daß dem Süßigkeitsverhältnis der Konzentrationsschwelle von

1,57 : 1 bei der 12fachen Schwelle das Verhältnis von 2,57 : 1, bei der 20fachen von 4 : 1 und bei der 30fachen von 6 : 1 gegenübersteht. Darauf beruht es wohl auch, daß man mit Saccharin so leicht übersüßen kann, während bei Dulcin, ganz abgesehen von seinem rein süßen Geschmack, eine unangenehme Uebersüßung ausgeschlossen ist.

Die Behauptung, daß das Saccharin im Gebrauch, denn nur inbezug auf diesen haben solche Angaben überhaupt einen Sinn, etwa 500 Mal süßer sei als Zucker, ist nach dem Gesagten nicht richtig. Eher zutreffend sind die ursprünglichen Angaben, die von einer 200—300fachen Süße sprechen. Schuld an diesem Irrtum ist die falsche Verwertung des physiologischen Begriffes Konzentrationsschwelle zu praktischen Zwecken. Sie kann wohl aussagen, daß der eine Stoff sehr stark schmeckt, ein anderer dagegen viel schwächer, als Grundlage zu einem zahlenmäßigen Vergleiche von Geschmacksstärken gleichartig schmeckender Stoffe ist sie dagegen nicht geeignet, da eben die Voraussetzung, mit gleicher Zunahme der Lösungsstärke nehme auch die Geschmacksstärke dieser Stoffe gleichmäßig zu, wie gezeigt worden ist, nicht zutrifft.

Dem großen Wohltäter Saccharin während der Zuckernot des Krieges soll selbstverständlich durch diese Ausführungen sein großer Wert nicht geschmälert werden, dieser ist ihm aber auch gewährleistet, selbst wenn es mit einem Gramm nur 200—300 g statt 500 g Zucker zu ersetzen vermag.

Sodann sprach Herr F. B. Hofmann:

Zur Theorie des Geruchssinns.

Vor zwei Jahren hatte ich nach einem schweren Katarrh mein Geruchsvermögen zunächst bis auf einige geringe Reste vollständig eingebüßt. Allmählich besserte sich der Zustand, die Zahl der riechenden Substanzen wuchs und die Gerüche wurden zunehmend stärker. Schließlich erhielt ich von fast allen Riechstoffen wieder einen freilich oft nur schwachen Geruch. Dieser war jedoch in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle nicht mehr der normale, sondern ein durchaus andersartiger, mir bisher ganz unbekannter. Ich mußte daher, wenn ich etwas roch, erst meine Umgebung fragen, was das für ein Geruch sei. Dabei waren manche Gerüche einander so ähnlich, daß ich die wunderlichsten Verwechslungen beging, z. B. Äther nach dem Geruch nicht von Aceton, Jodoform nicht von Nitrobenzol unterscheiden konnte u. s. f. Vollkommen normal war dauernd bloß der Vanillingeruch. Allmählich trat der normale Geruch auch beim Menthol und einigen anderen Substanzen auf, aber er ist bei diesen jetzt noch immer sehr schwach. Veilchen und ebenso auch das Ionon rochen anfangs etwas beizend-scharf, wie Zigarrentabak, nach und nach kam aber noch eine wohlriechende Komponente zum Vorschein, sodaß dieser Geruch jetzt ebenfalls dem normalen recht ähnlich geworden ist.

Auch beim Pyridin trat zu einem anfangs ganz unbestimmten Geruch im Laufe der Zeit eine neue Komponente hinzu, womit eine am Zwaardemaker'schen Olfaktometer nachweisbare Erregbarkeitssteigerung für den Geruch dieser Substanz verbunden war. Meine Erfahrungen weisen darauf hin, daß der Geruch chemisch einheitlicher Substanzen aus mehreren Komponenten besteht, die bei mir isoliert zur Beobachtung kamen. Der Geruch solcher Substanzen wäre daher, wenn wir den Gehörssinn zum Vergleich heranziehen, nicht einem einzelnen Ton, sondern etwa einem Klang zu vergleichen. Das macht es wahrscheinlich, daß durch eine einheitliche chemische Substanz nicht auch bloß eine einzige Art von spezifischen Geruchsnerven erregt wird, sondern eine Mehrzahl von Faserarten. Bei mir war nun offenbar aus der reichen Klaviatur der Geruchsnerven eine Anzahl von Tasten außer Funktion gesetzt, und infolgedessen fehlten bezw. fehlen auch jetzt noch einige Komponenten der Gerüche, wodurch diese den unbekannten, neuen Charakter erhalten haben. Die Annahme der Zusammensetzung des Geruches einer Substanz aus verschiedenen Komponenten erklärt auch mancherlei Erscheinungen des normalen Geruchssinnes, worauf in einer ausführlicheren Mitteilung näher eingegangen werden soll.

In der an den Vortrag sich anschließenden Diskussion bemerkt Herr E. Schmidt, daß auch er durch eine Influenzaerkrankung vor etwa 5 Jahren das Riechvermögen nahezu vollständig eingebüßt und auch jetzt nur noch höchst unvollkommen wieder erlangt habe, so daß er sich zur Zeit bezüglich der Geruchswahrnehmungen in einer ganz ähnlichen Lage wie der Herr Vortragende befinde.

Sodann zeigt Herr Gürber Demonstrationsversuche.

Aus Anlaß des 100jährigen Bestehens der Gesellschaft werden gewählt:

1. zum Ehrenmitglied:
   Herr Geh.-Rat Prof. Dr. Emanuel Kayser, München.
2. zu korrespondierenden Mitgliedern:
   Geh.-Rat Prof. Dr. Wortmann, Direktor der Lehranstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Geisenheim.
   San.-Rat Dr. Adolf Eysell in Cassel.
   Prof. Dr. Carl Mense in Cassel.
   Prof. Dr. H. Vogt in Wiesbaden.
   Geh. Med.-Rat Dr, Guder, Laasphe.
   Dr. ing. h. c. Wilhelm Breithaupt in Cassel.
   Geh.-Rat Dr. phil. Anton Börsch, Homberg a. d. Efze.
   Adolf Fennel, Inh. d. Fa. Otto Fennel Söhne, Cassel.
   Prof. Dr. Wilhelm Roser, Frankfurt a. M.
   Dr. Wilhelm Heraeus, Leiter d. Fa. W. C. Heraeus, Hanau.
   Ernst Leitz jun., Dr. phil. h, c., Wetzlar.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

MARBURG

№ 4 November 1918

In der ordentlichen Sitzung vom 13. November 1918 hielt Herr M. Löhlein den angekündigten Vortrag:

Über das kausale Denken in der Medizin und Biologie.

In einem vor Jahresfrist erschienenen Aufsatz[1]) habe ich versucht, zur Klärung des Ursachenbegriffs, wie er in den biologischen Wissenschaften und in der Medizin heute verstanden und angewandt wird, beizutragen.

Ich ging dabei von einer Kritik der widersprechenden Angaben aus, die von einigen Naturforschern, Medizinern, Philosophen über die quantitativen Beziehungen zwischen Ursache und Wirkung vertreten werden, und suchte nachzuweisen, dass diese Widersprüche auf ganz verschiedenen Begriffsbestimmungen der ursächlichen Verknüpfung beruhen von denen wir eine wohl oder übel als gültig anerkennen müßten, wenn anders die babylonische Verwirrung ein Ende nehmen soll, unter der wir in dieser Hinsicht augenblicklich leiden. Ich suchte nachzuweisen, daß viele unserer besten Biologen — besonders verwies ich auf Pfeffer — unter „Ursache“ dasselbe verstehen, was im Sinne Jul. Rob. Mayers als „auslösendes Moment“ bezeichnet wird. Inzwischen machte mich Herr F. B. Hofmann auf einen Aufsatz J. R.

1) Mediz. Klinik 1917, No. 50.

Mayer's[1]) aufmerksam, in dem ausdrücklich dargelegt wird, daß er den Ausdruck „Ursache“ auch in diesem (letzteren) Sinne öfters anwende und ihn so anzuwenden für erlaubt halte. Also auch J. R. Mayer kann nicht als unbedingter Anhänger des „energetischen“ Ursachenbegriffs gelten. Als solchen könnte man dagegen heute mit gutem Recht H. Driesch bezeichnen, der in seinem bekannten Werke „Naturbegriffe und Natururteile“ wiederholt von „Kausalquanten“ und „Kausalitätsquanten“ (!) redet.

Die von mir verteidigte Auffassung der kausalen Verknüpfung deckt sich in wesentlichen Punkten mit der Lehre B. Kern's[2]), und diese ist, wie auch meine Auffassung, nichts anderes als eine geläuterte „Ursachenlehre des populären Denkens“. Sie gestattet, allerhand Widersprüche auszumerzen, die bei den Naturforschern das kausale Denken in Mißachtung gebracht haben, und damit Angriffe abzuweisen, die gegen die „kausale Weltanschauung“ unter Anderen von Verworn und — unter besonderer Berufung auf E. Mach — von v. Hansemann gerichtet worden sind. Auf eine ausführliche und sehr entschiedene polemische Äußerung von Martius[3]) zu meinem zitierten Aufsatz habe ich bereits kurz geantwortet.[4])

Im Folgenden will ich meine Gedankengänge in einigen Punkten ergänzen, in Hinsicht auf einzelne Fragestellungen, wie ich hoffe, vertiefen und dann vor allem eingehender, als bisher geschehen, die Nutzanwendung daraus für mein Sonderfach, die Pathologie ziehen, die sich ständig mit kausalen Problemen zu beschäftigen hat.

---

1) Mechanik der Wärme. Stuttgart. 1893. P. 440.

2) Auffallender Weise nimmt Lubarsch in einem kürzlich erschienenen Aufsatz über unseren Gegenstand (Deutsche Med. Woch. 1919, Nr. 1 und 2) zu Kern überhaupt nicht Stellung.

3) Deutsche Med. Woch. 1918, Nr. 17 und 18.

4) Am gleichen Orte.

Ich denke dabei garnicht in erster Linie an die ätiologische Forschung, die ganz gewiß wie bisher so auch weiterhin wenig nach den logischen Gesetzen fragen wird, nach denen sie ihre Ergebnisse als wahr erweist, die sicherlich wie bisher so auch künftighin die Logik erst dann zu Hülfe rufen wird, wenn über die Zuverlässigkeit einer ätiologischen Angabe Zweifel und Kontroverse entstanden sind. Ich denke vielmehr ganz besonders an konkrete Einzelaufgaben meiner täglichen Arbeit. Dem Obducenten wird ja täglich im Sektionssaal die Frage nach der Todesursache in gegebenen Fällen vorgelegt; der kausale Zusammenhang von krankhaften Veränderungen und Todesfällen mit vorausgegangenen „Unfällen“ wird bei der Feststellung von Rentenansprüchen und bei anderen Gelegenheiten häufig erörtert; aber auch der Strafprozeß führt uns vor die nicht selten recht heikle Frage nach „der Ursache“ des Todes. — Ich bin nicht so vermessen, zu glauben, daß meine Überlegungen zu einer „endgültigen“ Einigung der Philosophen, Juristen, Mediziner über den Ursachenbegriff führen werden. Wenn es mir aber gelingt, eine einheitliche Umgrenzung dieses Begriffes für den Sprachgebrauch der wissenschaftlichen Medizin zu fördern, so waren meine Bemühungen nicht umsonst. Ich will dabei nichts weniger als reformieren, mein Ziel ist viel bescheidener; ich will nur nachweisen, daß tatsächlich von der überwiegenden Mehrzahl unserer wissenschaftlichen Mediziner und Biologen die von mir empfohlene Begriffsbestimmung stillschweigend angenommen ist. Und ich will dafür eintreten, sie nun auch — trotz des Widerspruchs einzelner sehr gewichtiger Stimmen (besonders derjenigen von Wilh. Roux) — allgemein anzuerkennen. Das Interesse der Philosophen am Ursachenproblem betrifft wesentlich dessen erkenntnistheoretische Seite. Dem Juristen und dem Mediziner würde aber gerade die praktische, konkrete, tägliche Arbeit wesentlich erleichtert, vor allem aber beiden die Zusammenarbeit, wenn eine allgemein gültige

Begriffsbestimmung der kausalen Verknüpfung sich durchsetzte. Die Vorarbeit dazu muß auf den Einzelgebieten wissenschaftlicher Betätigung geleistet werden; ihr soll auch dieses Erörterung gelten.

Die Schwierigkeit einer Einigung unter den Medizinern und Biologen in unserer Frage ergibt sich wohl ohne Weiteres aus dem Chaos der Meinungen darüber, wie es sich uns in den von mir zitierten Schriften — in der scharfen Polemik Wilh. Roux gegen Verworn, von Martius gegen mich, in v. Hansemann's entschiedener Verwerfung des „kausalen Denkens" schlechthin — widerspiegelt. Mein engerer Fachgenosse B. Fischer hat mich inzwischen noch auf seine Stellungnahme zur Frage aufmerksam gemacht, die mir entgangen war. Ich vermag freilich seine Ansicht, wonach der Ursachenbegriff nichts anderes wäre als „ein subjektiver Arbeitsbegriff", nicht zu teilen — wie ich mit Rücksicht auf meinen zitierten Aufsatz (und die folgenden Darlegungen) nicht ausführlicher zu begründen brauche.

Im Zusammenhang mit meiner Auffassung, wonach wir in der Biologie und Medizin nahezu übereinstimmend unter ursächlicher Verknüpfung diejenige Beziehung zweier Ereignisse auf einander verstehen, als deren Prototyp die „Auslösung" des Falles eines schweren Körpers gelten kann, habe ich bereits (l. c.) kurz dargelegt, daß ich in Übereinstimmung mit Pfeffer auch die Beziehung von Reiz und Reaktion — also die wichtigste, den Biologen überhaupt beschäftigende Beziehung — unbedingt als eine kausale ansehe, wie das in gleicher Weise nachdrücklich B. Kern[1]) getan hat. Freilich handelt es sich nicht um eine einfache Verknüpfung zweier Ereignisse, sondern um eine Kausalkette, die von

1) Die einschlägigen Ausführungen B. Kern's (Das Problem des Lebens etc. Berlin. Hirschwald. 1909. P. 24) waren mir bei der Veröffentlichung meines zit. Aufsatzes noch unbekannt.

dem „als Reiz wirkenden“ Vorgang über mehr oder weniger zahlreiche Zwischenglieder hinweg bis zur „Auslösung“ des als „Reaktion“ bezeichneten Vorganges führt. Gewinnt diese Auffassung Anerkennung, so ist damit für die biologischen Wissenschaften die kausale Methode als grundlegend hingestellt.

Gerade die genauere Betrachtung von Reiz und Reaktion veranlaßt Kern (l. c. p. 24) die Disproportionalität der beiden zu betonen und sogleich — m. E. mit vollem Recht — hervorzuheben, daß in dieser Disproportionalität kein Unterschied gegenüber dem mechanischen, kausal verknüpften Naturgeschehen liegt. Ich kann an dieser Stelle wohl darauf hinweisen, daß Rickert in einer Untersuchung der Frage „Psychophysische Causalität oder psychophysischer Parallelismus“ ebenfalls zur Ablehnung der Aequivalenz von „Ursache und Wirkung“ kommt, u. z. zunächst für das psychische Geschehen, weiterhin aber auch für das mechanische.

Der gewichtigste Gegner der hier vorgetragenen Auffassung unter den modernen Biologen dürfte Wilh. Roux sein, der jeden der Begriffe „Ursache“, „Reiz“, „Auslösung“ abweichend von ihr abgrenzt. „Ursache, vollständige oder ganze, causa totalis eines Geschehens, ist die Summe und Anordnung, also das System aller an dem Geschehen beteiligten, aktiv oder passiv wirkenden Faktoren oder Komponenten . . . . Nicht aber ist Ursache bloß, der Volksmeinung entsprechend, der letzte, vor dem Beginn des Geschehens hinzugetretene Faktor.“ [1]) — Hinsichtlich der Unterscheidung der causa occasionalis, efficiens, sufficiens, totalis verweise ich auf die Ausführungen Liebmann's (in der „Analysis der Wirklichkeit“), verzichte aber auf eine Gegenüberstellung von Liebmann's und W. Roux' Ansichten, so lohnend sie an sich wäre. Die causa totalis im Sinne des Letzteren dürfte aber „ein Idealbegriff“ sein, dessen „Inhalt in der Erkenntnis

1) Terminologie der Entwicklungsmechanik.

kaum zu erschöpfen ist", wenn man „die grundsätzliche Verknüpfung jeder Einzelheit mit dem Naturganzen" berücksichtigt. (vgl. Kern, Weltanschauung u. s. f. p. 128).

Nur zu dem „letzten Faktor" noch eine Bemerkung. H. Driesch, der sich in seinen zahlreichen Schriften wiederholt mit dem Ursachenbegriff beschäftigt hat, dessen Stellung zu diesem aber so wechselnd ist, daß eine historische Darstellung dieser Wandlungen allein einen Aufsatz fordern würde, hat einmal [1]) an einem Beispiel nachzuweisen gesucht, daß dieser „letzte Faktor" nicht „die Ursache" eines Lebensvorganges sei. Dabei begegnet ihm ein handgreiflicher Irrtum. Die Entwicklung einer Larve steht still, wenn bei sonst günstigen Bedingungen der Sauerstoff fehlt. Leitet man solchen zu, so setzen die Prozesse wieder ein. Daraus dürfe man aber nicht schließen — meint Driesch —, daß der Sauerstoff die Ursache der Entwicklungsvorgänge sei. Ganz richtig. Aber gibt es denn überhaupt einen Biologen, der je diesen Schluß gezogen hätte? In der Pathologie, insbesondere in der Ätiologie, hat man genugsam in den letzten Jahrzehnten gelernt, die Beweiskraft von Experimenten zu prüfen. Jeder Anfänger aber hätte sofort gesehen, daß die Zuleitung des Sauerstoffs nicht die Ursache „der Entwicklung", sondern die des Wiedereinsetzens der zum Stillstand gekommenen Prozesse ist.

Auch die Volksmeinung ist weit davon entfernt, den „letzten hinzukommenden Faktor" als Ursache eines Geschehens anzusehen; sie wird nie zugeben, daß der Fußtritt, den der Esel dem sterbenden Löwen gibt, Ursache von dessen Tode sei. Aber sie sieht in dem zündenden Blitz die Ursache des Hausbrandes, in dem Fall des Funkens in das Pulverfaß die Ursache der Explosion.

Sie hat auch wohl erfaßt, daß die gedankliche Analyse einer kausalen Verknüpfung dann vollendet ist, wenn wir

1) Philosophie des Organischen. Bd. I, p. 100.

bis zur „Identität“ von Ursache und Wirkung vorgedrungen sind.[1]) Das geht aus einem von Pfleiderer zitierten Rätselwort hervor: Was ist das: zwei und doch nicht zwei, sondern eins? — Antwort: Ursache und Wirkung.

Lubarsch hat neuerdings gegen meine Begriffsbestimmung der ursächlichen Verknüpfung eingewandt, sie sei eine Tautologie. Das kann ich in dem Sinne zugeben, in dem ich eben für die Identität von Ursache und Wirkung eintrete. Das kausale Denken wird mit Recht auch „das analytische“ genannt. Haben wir begrifflich „eine Veränderung“ isoliert, so wird unser Kausalitätsbedürfnis dann befriedigt, wenn wir den sie bedingenden Faktor angeben können; gehen wir aber von dem „Zustand“ oder der gleichförmigen Bewegung aus, deren Veränderung wir erklären wollen, so muß die Definition notwendig „negativ“ lauten: die Aufhebung einer notwendigen Bedingung des Beharrens jener ist die Ursache der Änderung.

Das gilt nun auch von dem verwickelten Geschehen, das wir als „Krankheit“ bezeichnen. Krankheitsvorgänge, darüber sind wir — tatsächlich etwa schon seit Hufeland — einig, sind „abgeänderte“ Lebensvorgänge. Die Ursache der Abänderungen ist die Krankheitsursache.

Nichts vermag die Tatsache zu erschüttern, daß Vorgänge, die an das Parasitieren des Koch'schen Bazillus im menschlichen Körper geknüpft sind, die Ursache der tuberkulösen Krankheitsprozesse darstellen, auch wenn wir von einer befriedigenden Analyse dieses Kausalzusammenhangs in allen Einzelheiten noch weit entfernt sind.

Alle Einwendungen gegen die logische Zuverlässigkeit dieser Auffassung beruhen auf Irrtum; die meisten auf der

---

1) Vgl. meinen zitierten Aufsatz über die Unterscheidung der „abstrakten“ Ursache vom concreten ursächlichen Ereignis.

handgreiflichen Verwechslung von Ursache und — Hauptsache. So, wenn man die von niemand bestrittene Bedeutung der „Disposition“ oder disponierender Momente in einen Gegensatz zur ätiologischen Bedeutung des Krankheitskeimes bringen will.[1]) Niemand leugnet, daß Calta palustris auf Sandhügeln nicht vorkommt; aber auch im Sumpf kann sie nur wachsen, wenn ihr Same dorthin geriet. Wüchse sie in jedem Sumpfe, so bewiese das nur die Ubiquität ihres Samens

Ebenso einleuchtend ist die ursächliche Bedeutung des Giftes für die „Vergiftung“, des Traumas für die Gewebszerstörung, der Strahlen aller Art für die eine oder die andere Gewebeveränderung. Und neben allen diesen „exogenen“ kennen wir manche eudogene Krankheitsursachen mehr oder weniger genau. Ich denke an die Blutdrucksteigerung bei akuter Nephritis, an die Herzhypertrophie beder Blutdrucksteigerung, deren mittelbare kausale Verknüpfung nicht bestritten werden dürfte. Freilich dringen wir in die ungeheuer verwickelten krankhaften Vorgänge nur langsam, Schritt für Schritt, ein; aber prüfen wir den Weg näher, auf dem dies Vordringen geschieht, so finden wir immer wieder, daß es der Weg der kausalen Analyse ist, d. h. der Methode, die von der begrifflichen Isolierung einer Veränderung ausgeht. — Es bedarf nur eines kurzen Hinweises darauf, daß diese Methode versagen muß, wenn wir Erklärung für einen verwickelten Zustand, etwa den von uns mit „Konstitution“ bezeichneten, von ihr fordern. Krankhafte Anlagen konstitutioneller, d. h. im biologischen Sinne erblicher Art vermögen wir nicht weiter zu „erklären“ — ebenso wenig, wie wir den Ablauf des Lebens zu „erklären“ vermögen.

Was aber vom Leben allgemein gilt, das hat auch für jede seiner Phasen Geltung, damit auch für die letzte Phase,

1) Vgl. v. Hansemann. Ü. d. conditionale Denken etc. Hirschwald 1912, p. 55.

den Tod: Für den Tod als Teil eines gesetzmäßig ablaufenden Geschehens, für den „physiologischen Tod“ wissen wir keine „Ursache“ anzugeben.[1]) Hier liegt der Grund vieler Schwierigkeiten, die uns bei der Erörterung des Problems der Todesursache beschäftigen.

Diese Schwierigkeiten fehlen in Fällen „pathologischen“ Todes. Man denke an den Granattreffer, der ein Menschenleben vernichtet, an das Gift in „tödlicher Dosis“, an die unaufhaltsam zum Ende führende Infektion oder Intoxication. In diesen Fällen haben wir auf die Frage nach der Todesursache eine klare Antwort zur Hand — und doch lehrt die Erfahrung, daß selbst in solchen Fällen, wenn von der Antwort etwa eine wichtige strafrechtliche Entscheidung abhängt, ärztliche Sachverständige unsicher werden.

Verworn verweist mit besonderem Nachdruck[2]) auf das Beispiel des Scharmack-Prozesses, in dem das völlige Versagen der kausalan Methode recht deutlich zu Tage getreten wäre, da die Sachverständigen über die Frage, ob die Methylalkohol-Vergiftung nun in den einzelnen zur Verhandlung stehenden Fällen die Todesursache gewesen sei, nicht zur Klarheit gekommen seien. Wenn wirklich, wie Verworn angibt, Sachverständige den Methylalkohol als „Hilfsursache“ des Todes neben festgestellter Arteriosklerose eines der zu Grunde gegangenen Individuen bezeichnet haben, so erscheint das schwer begreiflich. Die Frage lautete nicht: hat der Verstorbene eine für normale Menschen tödliche Dosis des Giftes zu sich genommen, sondern: hat das Gift den Tod des — bei seiner Aufnahme schon mehr oder weniger hinfälligen — Menschen verursacht. Man käme sonst zu sonderbaren Schlüssen, denn jeder konkrete Fall ist „verwickelter“

---

1) Vgl. Korschelt. Lebensdauer, Altern und Tod. Jena 1917, p. 144 flg. (Literatur). Ferner v. Hansemann. Descendenz und Pathologie. p. 393.

2) Verworn. Kausale und konditionale Weltanschauung. Jena. Fisscher. 1912. p. 10.

Natur, und auch die Folgen einer jeden nicht sofort tödlichen Schußverletzung werden gelegentlich und bis zu einem gewissen Grade von dem Zustande aller lebenswichtigen Organe, daneben aber noch von allen möglichen anderen Umständen abhängen. Man könnte also nicht einmal in derartigen Fällen „eine" Todesursache angeben. In der Tat führt jede allgemeine Erörterung des Todesursachenproblems genau ebenso wie unsere tägliche praktische Erfahrung auf größte Schwierigkeiten und Unklarheiten theoretischer wie praktischer Natur. Das zeigen unter anderen auch die Darlegungen des Pathologen J. Orth, die wohl die erschöpfendste neuere Antwort auf die Frage: Was ist Todesursache? geben.[1]) Orth setzt in überzeugender Weise auseinander, daß die Antwort auf diese Frage je nach dem Zweck, den man verfolgt, verschieden sein wird und sein muß. Er spricht an einer Stelle geradezu von einer ganzen „Kette" von Todesursachen, d. h. also von ursächlich verknüpften Ereignissen, die bei der kausalen Analyse des Sterbens Berücksichtigung finden müssen. Er zeigt, daß wir auf die richterliche Frage nach der Todesursache anders antworten als auf die des Statistikers u. a. m.

Wir haben uns ja vielfach auch längst daran gewöhnt, neben der Frage nach der (letzten, unmittelbaren) Todesursache stets die nach dem Grundleiden oder Hauptleiden zu stellen.

Darf man diese Schwierigkeiten als einen Beweis der Wertlosigkeit des kausalen Denkens hinstellen? — Das geht ohne Zweifel nicht an. „Der Tod" ist ein verwickeltes Geschehen wie das Leben; als dessen letzte Phase aufgefaßt ist er der kausalen Erklärung so unzugänglich wie das Leben selbst. Der gewaltsame Tod, der — unter Umständen augenblicklich nach der Zerstörung „lebensnotwendiger" Organe oder Organteile — eintritt, ist durch diese Zerstörung

1) Berliner Klin. Wochenschr. 1908. Nr. 10.

ursächlich erklärt. Die vielen verwickelten Mechanismen des Sterbens, die zwischen diesen beiden extremen Fällen stehen, gestatten uns nur dann eine Antwort auf die Frage nach ‚der Ursache" des Todes, wenn wir diese Frage im Sinne Orth's näher präzisiert haben.

Zu dem Vortrage von Herrn M. Löhlein bemerkt Herr F. Richarz zustimmend in Ausführung einer speziellen Betrachtung Folgendes. Man kann sagen: ein Körper fällt allemal, wenn er losgelassen wird, infolge der Anziehungskraft der Erde, oder weil sich Energie der Lage in Energie der Bewegung verwandelt. Die beiden letzteren Ausdrucksweisen sind dem Wesen nach identisch und nur verschiedene Formulierung. Dem Nachsatz, daß der Körper, wenn die Veranlassung gegeben ist, aus den angegebenen Gründen fällt, liegt ein allgemeines Naturgesetz zu Grunde, und alle diese Fälle würden, abgesehen von der jedesmaligen Veranlassung betrachtet, nichts individuell wesentlich verschiedenes haben. Das würde die Betrachtung sein für die Kausalität von Vorgängen, bei denen nicht ein Einzelgeschehnis betrachtet wird, sondern eine Generalisierung: Die Körper fallen.

Die Veranlassungen sind jedesmal verschieden, daß nämlich der Körper losgelassen wird, oder auch, daß er in die Höhe geworfen würde und, nachdem er den Höhepunkt erreicht hat, wieder herunterfällt. Solche spezielle Überlegungen, die die Auslösungen ins Auge fassen, wodurch der Fall herbeigeführt wird, bringen kein Naturgesetz zum Ausdruck. Hier ist die Veranlassung als dasjenige Ereignis bezeichnet, welches die Ursache in dem besonderen Falle ist. Selbstverständlich kommt es in den weitaus meisten konkreten Fällen auf die letztere Frage an, was speziell die Veranlassung gewesen ist, während die Untersuchung des Naturgesetzes nur eine allgemeine rein wissenschaftliche theoretische Aufgabe ist.