

## II. Besprechungen.

### A. Unter der Schriftleitung der Geologischen Vereinigung.

## Über Sedimentbildung am Meeresboden.

### 1. Fortsetzung.

Von **K. Andrée** (Königsberg i. Pr.).

#### Literaturverzeichnis.

Vorbemerkung: Meiner an gleicher Stelle im ersten Teile dieser Mitteilungen<sup>1)</sup> ausgesprochenen Bitte entsprechend ist mir von einer Seite (Prof. Dr. K. MARTIN (Leiden)) ergänzende Literatur mitgeteilt, von mancher anderen Seite bin ich aber durch Zusendung neuer einschlägiger Literatur unterstützt worden. Für beides möchte ich auch an dieser Stelle meinen Dank aussprechen.

#### I. Ergänzungen und Berichtigungen zum Literaturverzeichnis von 1841—1907.

Die in I und II dieses Literaturverzeichnisses neu zitierte Literatur ist in der Weise mit Zahlen und dem Zusatz von a, b usw. versehen worden, daß ihre chronologische und alphabetische Einordnung in das früher gegebene Verzeichnis keine Schwierigkeit macht.

1856.

- 2a. L. MEYN, Riffsteinbildung im Kleinen an der Deutschen Nordseeküste. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges., 8, 1856, p. 119—126.

1857.

5. I. PRESTWICH usw. ist zu streichen.

1871.

15. Ein ausführliches Referat hierüber gab AL. DELAIRE in »Le fond des mers. Études lithologiques. Lithologie du fond des mers« in den »Annales du Conservatoire des arts et métiers. Recueil de mémoires et d'observations sur les sciences, l'industrie et l'agriculture«. Paris. (1875—1877. Bandnummer und Sicheres über das Erscheinungsjahr ist aus dem dem Verf. vorliegenden Separatum nicht zu ersehen.)
- 15a. E. W. HILGARD, On the geology of the delta and the mud-lumps of the passes of the Mississippi. A. J. Sc. 1871, I, p. 238—246, 356—364, 425—435.
- 15b. S. P. SHARPLES, On some rocks and other dredgings from the Gulf Stream. A. J. Sc. 3. ser., vol. I, 1871, p. 168—171.

1874.

- 19a. G. A. LEBOUR, On the deposits now forming in British seas. The Geol. Mag. (2.) I, 1874, p. 476.

---

<sup>1)</sup> Geol. Rundschau, 3, 1912, p. 324—360.

- 20a. AL. WILSON, (Annalysen von Grundproben). Chemical News, **30**, 1874, 27.  
 20b. A. H. CHURCH, Manganese in the sea. Mineralogical Magazine, I, 1876, p. 50—53.

1875.

- 20c. J. PRESTWICH, On the Origin of the Chesil Bank, and on the Relation of the existing Beaches to past Geological Changes independent of the present Coast Action. Minutes of Proc. of the Inst. of Civil Engineers. **40**. London 1875, p. 61—114, Taf. 3.

1879.

- 26a. E. W. HILGARD, On the flocculation of particles, and its physical and technical bearings. A. J. Sc., 3. ser., XVII, 1879, p. 205.

1880.

- 28a. LÉON VAILLANT, Remarques sur les Dépôts marins de la période actuelle au point de vue du synchronisme des couches. Bull. Soc. Géol. de France. 3. sér., t. IX, 1880, p. 83—88.

1881.

- 28b. BUCHANAN, (Über Tiefseeknollen). Chemical News, **44**, 1881, 253. (Nach Jahresbericht für Chemie für 1881. 1441.)

1882.

34. In der dritten Zeile ist vor vol. **24** einzufügen: vol. **23**, p. 309—316, 406—408.

1885.

41. L. DIEULAFAIT, Étude chimique des matériaux ramenés par les sondages dans les expéditions du Travailleur et du Talisman; présence constante du cuivre et du zinc dans ces dépôts. C. R. **101**, 1885, p. 1297—1300.  
 45a. J. THOULET, Attraction s'exerçant entre les corps en dissolution et les corps solides immergés. C. R. **99**, 1885, p. 1072; **100**, 1885, p. 1002.  
 45b. A. E. VERRILL, Notice of the remarkable marine fauna occupying the outer banks of the southern coast of New England. A. J. Sc., 3. ser. **29**, 1885, p. 149—157.  
 45c. JOH. WALTHER, Die gesteinsbildenden Kalkalgen des Golfes von Neapel und die Entstehung structurloser Kalke. Zeitschr. deutsch. geol. Ges., **37**, 1885, p. 229—357.

1886.

- 45d. J. Y. BUCHANAN, On Oceanic Shoals discovered in the S. S. »Dacia« in October 1883. Proc. of the Royal Soc. of Edinburgh, **13**, 1886, p. 428—443, Taf. XII.  
 46a. J. THOULET, Sur un mode d'érosion des roches par l'action combinée de la mer et de la gelée. C. R. **103**, 1886, p. 1193.  
 46b. J. THOULET, Sur le mode de formations des bancs de Terre-Neuve. C. R., **103**, 1886, p. 104.

1887.

- 50a. J. THOULET, Observations faites à Terre-Neuve à bord de la frégate Clorinde pendant la campagne de 1886. Revue Maritime et Coloniale, **93**, 1887, p. 398—430.

1888.

- 50b. W. DEECKE, Über den Magneteisensand der Insel Ruden. Mitt. Naturwissenschaftl. Ver. f. Neuvorpommern, 1888, S. 140—148.  
 53a. K. MARTIN, (Über Korallenkalke). In »Bericht über eine Reise nach Niederländisch-West-Indien«. Leiden 1888, 2. Teil, Geologie, p. 79 u. folg.  
 54a. O. SILVESTRI, Le maggiori profondità del Mediterraneo recentemente esplorate ed analisi geologica dei relativi sedimenti marini. Atti dell' Accademia Gioenia di Scienze Naturali in Catania. Serie 4, I, 1888, 17 p., 1 Tabelle, 1 Tafel.

- 54b. JOH. WALTHER, Die Korallenriffe der Sinaihalbinsel. Geologische und biologische Beobachtungen. Abh. math.-phys. Cl. Kgl. Sächs. Ges. d. Wissensch., 14, Nr. X, Leipzig 1888, p. 437—506, Taf. I—VIII, 1 Karte.

1889.

- 56a. O. KRÜMMEL, Über Erosion durch Gezeitenströme. Petermanns Geogr. Mitt., 35, 1889, p. 129—138, Tafel 10.  
 59a. C. PH. SLUITER, Einiges über die Entstehung der Korallenriffe in der Javasee und Brantweinsbai, und über neue Korallenbildung bei Krakatau. Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch Indie, 49, Batavia-Noordwijk, 1889, p. 360—380, 4 Tafeln.

1890.

- 61a. L. BÖTTGER, Geschichtliche Darstellung unserer Kenntnisse und Meinungen von den Korallenbauten. Inauguraldissertation Leipzig 1890, 64 p.  
 64a. GIOVANNI PLATANIA, I fenomeni sottomarini durante l'Eruzione di Vulcano (Eolie) nel 1888—89. Atti e Rendiconti dell' Accademia di Scienze, Lettere e Arti di Acireale. Nuova serie, Vol. I, 1889, (16 p, 3 Taf.), 1890.

1891.

68. A. DAUBRÉE, Expériences sur les actions mécaniques ... par des gaz ... III, C. R., 112, 1891, p. 125—136. (Enthält p. 131—134: Formation et transport de débris: menus fragments et poussières; application aux phénomènes naturels et spécialement à l'histoire des poussières cosmiques et de celles qui abondent dans les régions abyssales de la mer.)  
 68a. A. J. JUKES BROWNE et J. B. HARRISON, The Geology of Barbados. Part I. The Coral-Rocks of Barbados and other West-Indian Islands. The Quart. Journ. of the Geol. Soc. London, 47, 1891, p. 197—243. — Appendix I. WILLIAM HILL, On the Minute Structure of some Coral-Limestones from Barbados. p. 243—248, Plate IX. — Appendix II. WILLIAM HILL, On the Structure of White Limestone from Jamaica. p. 248—249. Discussion, p. 249—250.  
 69a. J. MURRAY et R. IRVINE, On Silica and the Siliceous Remains of Organisms in Modern Seas. Proc. of the Royal Soc. of Edinburgh, 18, 1890/91, p. 229—250.  
 70a. J. RENAUD, Sur les sondages exécutés dans le Pas-de-Calais en 1890. C. R. 112, 1891, p. 898—900.  
 71. J. THOULET, Expériences sur la sédimentation. Annales des Mines. Ser. 8, T. 19, 1891, p. 1—35.  
 71a. J. THOULET, De l'action de l'eau en mouvement sur quelques minéraux (Extrait). C. R., 112, 1891, p. 502—503.

1892.

- 74a. L. RHUMBLER, Eisenkiesablagerungen im verwesenden Weichkörper von Foraminiferen, die sogenannten Keimkugeln MAX SCHULTZES u. a. Vorl. Mitt. Nachr. von der Kgl. Ges. d. Wissenschaften und der Georg-Augusts-Universität zu Göttingen, 1892, p. 419—428. (Vgl. auch Ders. in Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie, 57, 1894, p. 573, 574 (Anm. 1), 578 (Anm. 2), Taf. XXII, Fig. 42.)

1894.

85. GAETANO e GIOVANNI PLATANIA, Le interruzioni del cavo telegrafico Milazzo-Lipari e i fenomeni vulcanici sottomarini nel 1888—92. Atti dell' Accademia di Scienze, Lettere e Arti di Acireale. Vol. VII, Serie 4a, Memoria X, 1894, p. 1—13, 2 Tab., 1 Taf.

1897.

- 102a. K. MARTIN, (Über große Mächtigkeit von Korallenkalken). In »Reisen in den Molukken. Geologischer Teil«. Leiden 1903, p. 37 und folgende. (Der betreffende Abschnitt erschien bereits 1897.)

1899.

- 114a. C. G. CULLIS, The Chemical and Mineralogical Changes which take place in Coral Rocks as illustrated by Specimens from the Boring at Funafuti. (Gloucester) 1899, 46 p.

1900.

118. TH. FUCHS, Kritische Bemerkungen zu Dr. NATTERERS »Chemisch-Geologischen Tiefseeforschungen«. Mitt. K. K. Geogr. Ges. Wien, 43, 1900, p. 110—119.

1902.

- 142a. O. KRÜMMEL, Der Ozean. 2. Aufl. »Das Wissen der Gegenwart«, Bd. 52. Wien-Leipzig-Prag, F. Tempsky — G. Freytag, 1902, (p. 83—105: »Die Bodensedimente«).

1903.

- 151a. E. W. SKEATS, The Chemical Composition of Limestones from Upraised Coral Islands, with Notes on their Microscopical Structures. Bull. of the Mus. of Comparative Zoology, Harvard, Cambridge, 42, 1903, p. 53—126. (N. J., 1907, II, —217—218—.)

1904.

- 155a. JOHN C. BRANNER, The Stone Reefs of Brazil, their geological and geographical relations, with a chapter on the Coral Reefs. Harv. Coll. Mus. of Comparative Zoology, VII, Geol. Ser., 1904, 8°, 285 p., 99 plates.
- 158a. W. KOERT, Meeresstudien und ihre Bedeutung für den Geologen. Naturwissensch. Wochenschr. N. F. III, (XIX), 1904, p. 481—488, 5 Textfig.
- 164a. EUG. WARMING, Sur les »vads« et les sables maritimes de la mer du Nord. Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et des Lettres de Danemark, Copenhague, 7me série, Section des Sciences, t. II, No. 1, 1904, 46 p. (Dänisch mit franz. Résumé.)
- 164b. A. WILSON, The theory of the formation of sedimentary deposits. (Mc GILL University. Papers from the Department of Geology. No. 16.) Canadian Record of Science, IX, 1903, p. 112—132, Montreal 1904. (P. M. 1908, No. 324.)

1905.

- 165a. JOHN C. BRANNER, Stone reefs on the Northeast Coast of Brazil. Bull. of the Geol. Soc. of America, 16, 1905, p. 1—12, Pl. 1—11.
171. T. MELLARD READE et PHILIP HOLLAND, Sands and sediments. Proceedings of the Liverpool Geological Society, 1903—04, p. 3—20, 1 Tabelle; 1904—05, p. 3—33, 1 Tabelle; 1905—06, p. 3—27, 2 Tafeln (4 u. 5), 1 Tabelle. (NB. Die Seitenzahlen beziehen sich auf das Separatum!)
174. J. THOULET, Distribution des sédiments fins sur le lit océanique. C. R., 141, 1905, p. 669—671.
- 174a. C. WESENBERG-LUND, Umformungen des Erdbodens. Beziehungen zwischen Dammerde, Marsch, Wiesenland und Schlamm. Prometheus 16, 1905, p. 561—566, 577—582. (G. C. VII, 1003.)
- 174b. W. WOLFF, Über die Notwendigkeit einer geologischen Aufnahme der Nord- und Ostsee. Denkschr. zur Vers. d. Direktoren der geolog. Landesanstalten d. deutsch. Bundesstaaten. Eisenach, 22. September 1905. (Vgl. Zeitschr. f. prakt. Geol., XIV, 1906, p. 162—163.)

1906.

- 176a. W. DEECKE, Einige Beobachtungen am Sandstrande. Centralbl. f. Min. usw., 1906, p. 721—727, 6 Textfiguren.
- 177a. H. W. NICHOLS, New forms of concretions. Field Columbian Museum. Publ. 111. Geol. Series, Vol. III, No. 3. Chicago 1906, p. 25—54. Plates XIX—XXVII. (p. 40—50, Plates XXV—XXVII: Nodules from the Challenger and Argus Banks in the Atlantic Ocean.)
- 177b. H. POTONIE, Lehmgerölle und Seebälle. Naturwissensch. Wochenschr. N. F. V, 1906, S. 241—247.

## II. Ergänzungen zum Literaturverzeichnis für 1908—1911.

1908.

- 197a. O. BÜTSCHLI, Untersuchungen über organische Kalkgebilde, nebst Bemerkungen über organische Kieselgebilde, insbesondere über das spezifische Gewicht in Beziehung zu der Struktur, die chemische Zusammensetzung und Anderes. Abh. d. Kgl. Ges. d. Wissensch. zu Göttingen. Math.-Phys. Kl. N. F. VI, Nr. 3, 177 p., 4 Tafeln. Berlin 1908.
- 203a. JOHN S. OWENS, Experiments on the transporting power of sea-currents. The Geographical Journal, **31**, 1908, p. 415—425.

1909.

- 217a. W. A. CASPARI, Contributions to the Chemistry of Submarine Glauconite. Proc. of the Royal Soc. of Edinburgh, **30**, 1909, p. 364—373. (Ref. in Zeitschr. für Kristallographie, **50**, 1912, p. 263 und G. Z. **22**, 636.)
- 223a. H. LOHMANN, (Plankton-Ablagerungen am Boden der Tiefsee). Schrift. d. Naturwissensch. Ver. f. Schleswig-Holstein, **14**, 1909 (Kiel), p. 399—402.
230. E. TACCONI, Referat auch in N. J., 1912, II, —207—.
232. J. THOULET, Referat auch in N. J., 1912, I, —444—.
234. AL. TORNQUIST, Referat auch in N. J., 1912, II, —205—.
235. H. S. WASHINGTON, Referat auch in N. J. 1911, I, —249—.

1910.

- 239a. R. A. DALY, Pleistocene Glaciation and the Coral Reef Problem. A. J. Sc., 4. ser., vol. **30**, 1910, p. 297—308.
240. S. GÜNTHER, Referat in N. J., 1912, II, —204—.
243. FR. SALMOJRAGHI, Referat auch in N. J., 1912, II, —207—.
244. H. SPETHMANN, Referat in N. J., 1913, I, —416—417—.
245. L. SUDRY, Referat auch in N. J., 1912, II, —213—.
246. J. J. TESCH, Referat in N. J., 1914, I, —411—.
247. J. THOULET, Referat in P. M., 1912, **1**, p. 51.
248. J. THOULET, Referat auch in N. J., 1913, I, —410—.
250. J. THOULET, Referat auch in N. J., 1913, I, —410—.
251. J. THOULET, Referat auch in N. J., 1912, II, —206—.
252. J. THOULET, Referat auch in N. J., 1913, I, —411—.
253. J. THOULET, Referat auch in N. J., 1913, I, —411—.
254. AL. TORNQUIST, Referat auch in N. J., 1912, II, —206—.
255. TH. WAYLAND VAUGHAN, The geologic work of mangroves in Southern Florida. Smithsonian Misc. Collection, Vol. 5, Part. 4 (der ganzen Reihe Vol. 52, Publ. No. 1872), 1910, p. 461—464, Taf. 46—52.
- 255a. TH. WAYLAND VAUGHAN, Sketch of the geologic history of the Floridian Plateau. Science N. s. **32**, 1910, p. 24—27.
- 255b. TH. WAYLAND VAUGHAN, A contribution to the geologic history of the Floridian Plateau. Papers from the Tortugas Laboratory of the Carnegie Institution of Washington, Vol. 4. (Carnegie Institution of Washington Publication No. 133.) Washington 1910, p. 99—185, Taf. 1—15.
- 255c. TH. WAYLAND VAUGHAN, The Recent Madreporaria of Southern Florida. Department of Marine Biology of the Carnegie Institution of Washington. Annual Report 1910. Year Book, No. 9, p. 135—144, Pl. I.
256. JOH. WALTHER, Ref. N. J., 1913, I, —417—419—.
257. F. WOOD-JONES, Ref. auch in P. M., 1912, I, p. 43/44.
- 257a. F. WOOD-JONES, The Building of Atolls. Zoologischer Anzeiger, **35**, 1910, p. 399—404.

1911.

- 259a. G. BRAUN, Entwicklungsgeschichtliche Studien an europäischen Flachlandsküsten und ihren Dünen. Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde

- und des Geographischen Instituts an der Universität Berlin. Heft 15. Berlin, E. S. Mittler u. Sohn, 1911.
- 259b. E. CARTHAUS, Über Seebeben und unterseeische Vulkanausbrüche. Das Weltall, **12**, 1911, Heft 6, p. 73—80, I Tafel.
- 259c. J. CHELUSSI, Contribuzioni alla psammografia dei litorali italiani. I. Sabbie dell' Adriatico da Ravenna a Bari. Boll. Soc. Geol. Ital., **30**, fasc. 1—2. Roma 1911, p. 183—202. (G. Z. **17**, 1115.) — II. Sabbie del litorale da Molfetta a Taranto. Ibidem **30**, 1911, p. 725—738. (Geol. Rundschau, IV, 1913, p. 567.)
- 259d. J. CHELUSSI, Di alcuni saggi di fondo del Mar Rosso raccolti dalla R. Nave »Scilla« nell' anno 1895. Atti Soc. ligustica Sc. Nat. e Geogr., **22**, No. 4, p. 305—312. Genova 1911. (G. Z. **18**, 505; N. J. 1914, I, —233—.)
- 259e. G. HAROLD DREW, The action of some denitrifying bacteria in tropical and temperate seas, and the bacterial precipitation of calcium carbonate in the sea. Journal of the Marine Biological Association, Plymouth, England, **9**, 1911, p. 142—155. (N. J., 1915, I, —349—350—.)
- 259f. G. HAROLD DREW, Report of preliminary investigations on the marine denitrifying bacteria, made at Port Royal, Jamaica, and at Tortugas during May and June 1911. Department of Marine Biology. Carnegie Inst. of Washington. Year Book **10**, 1911, p. 136—141. (N. J. 1915, I, —349—350—.)
260. F. HEIM, Referat in N. J., 1913, II, —401—.
261. W. KRÜGER, Referat in N. J. 1913, II, —403—404—.
- 261a. K. MARTIN, Bemerkungen über sogenannten Korallenkalk oder Karang. Centralbl. f. Min. usw., 1911, p. 282—885.
- 261b. ALFRED MERZ, Hydrographische Untersuchungen im Golfe von Triest. Denkschr. math.-naturw. Kl. Akad. Wiss. Wien, **87**, 1911, 107 p., 11 Tafeln, 1 Karte (mit Angabe der Grundbeschaffenheit). (P. M. 1912, **2**, p. 173.)
262. J. S. OWENS, Experiments on the settlement of solids in water. Geogr. Journal, **37**, 1911, p. 59—79.
264. FR. SALMOJRAGHI, Referat in N. J. 1913, II, —402, 403—; 1914, I, —233—; G. Z. **18**, 641.
267. J. THOULET, Analyse d'une poussière éolienne de Monaco et considérations générales relatives à l'influence de la déflation sur la constitution lithologique du sol océanique. Ann. de l'Institut Océanographique, T. **3**, fasc. 2, p. 1—8, 1911. (P. M. 1912, **2**, 172; N. J. 1913, II, —400—401—.)
- 267a. J. THOULET, Chute des sédiments à travers les eaux océaniques. C. R. **153**, 1911, p. 787—789. (G. Z. **17**, 1201.)
- 267b. J. THOULET, Sur la carte bathylithologique de la côte du golfe du Lion entre les Saintes-Maries et Palavas et du cap de Creus à Canet. C. R. **153**, 1911, p. 1190—1191. (G. Z. **17**, 1377.)
- 268a. TH. W. VAUGHAN, The Madreporaria and Marine Bottom Deposits of Southern Florida. Department of Marine Biology of the Carnegie Institution of Washington. Annual Report of the Director 1911. Year Book No. 10, p. 147—156, Plate 4—6.

## III. Fortsetzung des Literaturverzeichnisses.

1912.

- 270a. K. ANDRÉE, Probleme der Ozeanographie in ihrer Bedeutung für die Geologie. Naturwissenschaftl. Wochenschrift. N. F. **11**, (27), 1912, Nr. 16, p. 241—251. (N. J. 1915, I, —347—.)
- 270b. F. HEIM, (Grundproben in Tabelle der Lotungen) in W. BRENNECKE, Ozeanographische Arbeiten der Deutschen Antarktischen Expedition (Buenos Aires—Süd-Georgien—Süd-Sandwich-Inseln). 4. Bericht. Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie, **40**, 1912, p. 124—131, Taf. 7, 8. (N. J. 1914, I, —47—.)

271. R. DE BUEN, Étude sur la chute des sédiments dans l'eau. Bull. de l'Institut. Monaco, 15. Mai 1912.
272. E. CARTHAUS, Über Seebeben und unterseeische Vulkanausbrüche. »Das Weltall«, 12, 1912, Heft 7, p. 95—99.
273. J. CHELUSSI, Di alcuni saggi di fondo del Mediterraneo. Boll. della Soc. Geol. Ital., 31, 1912, p. 79—88. (G. Z., 19, 442; N. J. 1914, I, —233—.)
- 273a. J. CHELUSSI, Alcuni sabbie marine del litorale ligure. ibidem p. 243—258.
- 273b. J. CHELUSSI, Studio petrografico di alcuni sabbie marine del litorale ionico di quello tirrenico da Reggio Calabria a Napoli. ibidem p. 258—275.
- 273c. BR. DOSS, Über die Natur und Zusammensetzung des in miocänen Tonen des Gouvernements Samara auftretenden Schwefeleisens. N. J., Beil.bd. 33, 1912, p. 662—713. (G. Z., 19, 543.)
- 273d. BR. DOSS, Melnikowit, ein neues Eisenbisulfid, und seine Bedeutung für die Genesis der Kieslagerstätten. Zeitschr. f. prakt. Geol., 20, 1912, p. 453—483, 2 Texttafeln. (G. Z. 19, 544.)
274. G. HAROLD DREW, Report on Investigations on Marine Bacteria carried on at Andros Island, Bahamas, British West Indies, in May 1912. Department of Marine Biology of the Carnegie Institution of Washington. Annual Report of the Director, 1912, p. 136—144. (N. J. 1915, I, —350—.)
- 274a. C. FORCH, Die Sedimentation und die Sedimente der Tiefsee. Prometheus, XXIII, 1912, p. 475—477.
275. C. FORCH, Die Fällung feiner Tontrübungen in Salzlösungen. Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie, 40, 1912, p. 23—30. (N. J. 1914, I, —239—.)
276. FR. HELM, Bericht über die Grundproben (der deutschen antarktischen Expedition). Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde zu Berlin, 1912, Nr. 2, p. 90—94. (N. J. 1914, I, —48—.)
277. M. A. HOWE, The building of »coral« reefs. Science. New series, 35, 1912, p. 837—842. (N. J. 1916, I, —182—183—.)
278. W. IMMISCH, Staubregen und Staubnebel. Naturwissenschaftliche Wochenschrift N. F. 11, 1912, p. 507—508.
- 278a. L. JOUBIN, Carte des bancs et récifs de Coraux (Madrépores). Ann. de l'Inst. Océanogr., 4 (2.), 1912, 7 p., 5 Karten. (N. J. 1914, I, —236—.)
279. P. LEMOINE, La Géologie du fond des Mers (Manche et Atlantique Nord). Annales de Géographie, 21, 1912, p. 385—392. (N. J. 1914, I, —233—.)
- 279a. G. C. MACKENZIE, The magnetic iron sands of Natashkwan, County of Saguenay, Province of Quebec. Canada Department of Mines, Mines Branch, No. 145. Ottawa 1912.
280. J. MURRAY, The sea floor. Chapter 6, p. 200—230, in »Science of the Sea, an elementary handbook of practical oceanography ... prepared by the Challenger Society«. London, J. Murray 1912. (N. J. 1914, I, —236—.)
- 280a. J. MURRAY, The Depths and Deposits of the Ocean. In: J. MURRAY et J. HJORT, The Depths of the Ocean. A general account of the modern science of Oceanography based largely on the scientific researches of the Norwegian Steamer »Michael Sars« in the North Atlantic. London 1912. Chapter IV, p. 129—209, Maps II—IV. (N. J. 1914, I, —237—.)
281. J. S. OWENS, Settlement of sand in running water. Geogr. Journ. 39, 1912, p. 247—265. (P. M. 1913, I, 265.)
282. E. PHILIPPI, Sedimente der Gegenwart. Vorlesungen von Dr. phil. E. PHILIPPI, Jena 1912. (Bearbeitet von O. MARSCHALL.) p. 67—100. (N. J. 1914, I, —236—.)
283. HARM POPPEN, Die Sandbänke an der Küste der Deutschen Bucht der Nordsee. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Meteorol., 40, 1912, p. 273—302, 352—364, 406—420, Taf. 15—17. (N. J. 1914, I, —231—232—.)

284. A. C. REICHARD, Lotungen und ozeanographische Beobachtungen S. M. S. »Planet« in der Südsee 1911. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Meteorolog. **40**, 1912, p. 401—406, Taf. 21. (Grundproben nach Dr. HORN.) (N. J. 1914, I, —231—.)
- 284a. G. SCHOTT, Geographie des Atlantischen Ozeans. Hamburg 1912. 330 p., 1 Titelbild, 28 Taf. (N. J. 1914, I, —237—.)
285. J. W. STATHER, Shelly clay dredged from the Dogger Bank. Quart. Journ. Geol. Soc. London, **68**, 1912, p. 324—327. (G. Z. **18**, 1428; N. J. 1914, I, —232—.)
286. L. SUDRY, Expériences sur la puissance de transport des courants d'eau et des courants d'air et Remarques sur le mode de formation des roches sédimentaires détritiques et des dépôts éoliens. Annales de l'Institut Océanographique T. **4**, Fasc. 4, 1912, 68 p., 2 Taf. (P. M. 1913, I, 264; N. J. 1914, I, —234—235—.)
287. L. SUDRY, Sur l'importance et le rôle des poussières éoliennes. C. R. **154**, 1912, p. 397—399. (N. J. 1915, II, —179—180—.)
288. J. THOULET, Étude bathylithologique des Côtes du Golfe du Lion entre les Saintes-Maries et le Cap de Creus. Annales de l'Institut Océanographique, T. **4**, Fasc. 6, 1912, 66 p., Karte in farbigen Blättern. (N. J. 1914, I, —235—.)
289. J. THOULET, Carte bathylithologique des fonds côtiers du Golfe du Lion. C. R. **154**, 1912, p. 152—154.
290. J. THOULET, Mémoires de lithologie marine. Ann. de l'Institut Océanographique. T. **3**, Fasc. 7, 1912, 41 p. (P. M. 1913, I, 44; N. J. 1914, I, —229—231—.)
291. P. VAGELE, Die RODEWALD-MITSCHERLICHsche Theorie der Hygroskopizität vom Standpunkte der Colloidchemie und ihr Wert zur Beurteilung der Böden. Fühlings Landwirtschaftliche Zeitung, **61**, 1912, p. 73—83. (N. J. 1916, I, —192—193—.)
- 291a. A. WICHMANN, On the so-called atolls of the East-Indian Archipelago. Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, 1912, p. 698—711. (N. J. 1916, I, —183/4—.) Dass. in holländisch: Over de zoogenaande atollen van den Oost-Indischen Archipel. Ibidem p. 641—654. (P. M. 1913, I, 149.)
292. R. ZUBER, Geologische Beobachtungen in Westafrika. V. (Polnisch.) In Festschr. zur Feier des 250. Jahrestages der Gründung der Lemberger Universität. 22 p., 3 Tafeln. Lemberg 1912. (G. Z. **19**; 1441.) [Enthält Bemerkungen über Sedimentbildung am Meeresufer.]

## 1913.

293. O. B. BÖGGILD, The deposits of the sea bottom. Report on the Danish Oceanographical Expeditions 1908—1910 to the Mediterranean and adjacent seas. Vol. I, Part. III, p. 257—269, Pl. XX, 1913. (N. J. 1914, I, —413/4—.)
294. G. BRAUN, Über marine Sedimente und ihre Benutzung zur Zeitbestimmung. »Meereskunde«, VII, 7. Berlin, E. S. Mittler u. Sohn 1913. (N. J. 1915, I, —202/3—.)
295. FR. HEIM, (Grundproben in Tabelle der Lotungen) in W. BRENNECKE. Ozeanographische Arbeiten der Deutschen Antarktischen Expedition. V. Bericht. Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie, **41**, 1913, p. 134—144, Taf. 3, 4. (N. J. 1915, I, —201—.)
296. J. CHELUSSI, Nuove ricerche petrografiche sopra alcuni fondi di mare del Mediterraneo. Boll. Soc. Geol. Italiana, XXXII, 1913, p. 143—159. (G. Z. **20**, 1167.)
297. STEN DE GER, Hafvattnets slamhalt inom Spetsbergens Isfjord ur geografisk synpunkt. »Ymer« 1913, Heft 2, p. 148—157.
- 297a. G. HELLMANN, Über die Herkunft der Staubfälle im »Dunkelmeer«. Sitz.-Ber. Kgl. Preuß. Akad. Wissensch. Berlin, 1913, p. 272—282. (P. M. 1914, I, p. 43.)



- 298a. A. J. JUKES-BROWNE, Chalk-pebbles dredged from the English Channel. The Geol. Mag. Dec. V, Vol. X, 1913, p. 62—70, 1 Textmap. (N. J. 1914, I, —232—; G. Z. 19, 854.)
- 298b. J. H. H. PIRIE, Scottish National Antarctic Expedition, 1902—1904; Deep-Sea Deposits. Trans. Roy. Soc. Edinburgh, 49, III (No. 10), p. 645—686, 1 Karte. Edinburgh 1913. (N. J. 1915, I, —348—349—.)
- 298c. E. W. SHAW, The mud lumps at the mouths of the Mississippi. U. St. Geol. Survey. Professional Paper 85 B., p. 11—27, Tafel I—III. Washington 1913.
299. J. THOULET, Notes de lithologie sous-marine. Annales de l'Institut Océanographique T. V., fasc. 10. Paris 1913, 14 p. (N. J. 1915, I, —204/5—.)
300. A. L. W. E. VAN DER VEEN, Barents-Zee. Jets over zeezand en grondstroeringen. (Barents-Meer. Einiges über Meeressand und Bodenströmungen.) Tijdschrift van het Kon. Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap. Serie 2, Teil XXX, 1913, p. 207—211, 1 Kärtchen im Text. (G. Z. 19, 1800; N. J. 1916, I, —184—.)
301. L. VÉRAIN et A. CHEVALLIER, Emploi de l'électro-aimant dans l'analyse microminéralogique des fonds sous-marins. Bull. de l'Institut Océanographique, Monaco. No. 255. Monaco 1913. 22 p. (N. J. 1915, I, —203—.)
302. OTTO WILCKENS, Atlantis. (Eine Besprechung neuerer Literatur.) Geologische Rundschau, 4, 1913, p. 441—443. (N. J. 1915, I, —203/4—.)

## 1914.

303. A. CHEVALLIER, Étude bathylithologique des côtes de Méditerranée d'Antibes à Menton. Annales de l'Institut Océanographique. T. VII, fasc. 1, Paris 1914.
304. F. W. CLARKE et G. STEIGER, The relative abundance of several metallic elements. Journ. of the Wash. Acad. of Sc., 1914, 4, p. 58—61. (N. J. 1914, II, —345/6—.)
305. GEORGE HAROLD DREW, On the precipitation of calcium carbonate in the sea by marine bacteria, and on the action of denitrifying bacteria in tropical and temperate seas. Papers from the Marine Biological Laboratory at Tortugas. Publ. No. 182 of the Carnegie Institution of Washington 1914. p. 7—45, 2 maps, 4 fig. (N. J. 1915, I, —350—.)
306. J. FRED HUNTER, Erosion and sedimentation in Chesapeake Bay around the mouth of Choptank river. U. St. Geol. Survey Prof. Paper 90 B., 15 p., 1 Tafel. (III.) Washington 1914.
307. THOMAS WAYLAND VAUGHAN, Preliminary remarks on the geology of the Bahamas, with special reference to the origin of the Bahaman and Floridian oolites. Papers from the Marine Biological Laboratory at Tortugas. Publ. No. 182 of the Carnegie Institution of Washington 1914. p. 47—54. (N. J. 1915, I, —350—352—.)
308. THOMAS WAYLAND VAUGHAN, The building of the Marquesas and Tortugas atolls and a sketch of the geologic history of the Florida reef tract. Ibidem p. 57—67. (N. J. 1915, I, —352—.)

## 1915.

309. K. KEILHACK, Granatsand-Dünen auf Ceylon. Zeitschr. deutsch. geol. Ges., 67, 1915, p. 47—56, Taf. III—VIII.
310. W. SALOMON, Über die Bildung dichter Kalke. Geologische Rundschau, 5, 1915, p. 478—480.

### Die einzelnen Sedimente.<sup>1)</sup>

#### I. Litorale oder landnahe Ablagerungen.

Die klastische Komponente der litoralen Ablagerungen entstammt vorwiegend dem Lande, weshalb dieselben vielfach auch als »kontinentale Sedimente« (des Meeres) bezeichnet werden, — ein Ausdruck, den man aber besser vermeidet, da er zu Mißverständnissen Veranlassung geben könnte. Die Litoralablagerungen nehmen nach KRÜMMEL (187)<sup>2)</sup>, auf dessen Darstellung im folgenden vielfach zurückgegriffen worden ist, ohne daß jede dieser Angaben mit dem entsprechenden Zitat versehen wäre, rund 33 Millionen qkm oder  $\frac{1}{11}$  des Meeresgrundes ein. Sie sind die rezenten Äquivalente der Hauptmasse der fossilen Sedimente, der Sedimentgesteine, und die Kenntnis ihrer Bildung ist daher unerläßlich für einen Geologen, welcher nicht nur tote Stratigraphie und Paläobiologie, sondern Paläogeographie im weitesten Sinne des Wortes, d. i. eigentliche wissenschaftliche Geologie, treiben will.

Von einer einigermaßen genauen Aufnahme der Geologie des Meeresbodens sind wir selbst in den küstennahen Regionen Europas noch sehr weit entfernt. Am weitesten vorgeschritten ist in dieser Hinsicht Frankreich, welches für seine Küsten eine sehr eingehende kartographische Darstellung dieser Verhältnisse von J. THOULET (131, 146) besitzt, mit welcher sich vorläufig nichts ähnliches vergleichen läßt; hinzu kommen eine große Zahl von Einzeluntersuchungen desselben Autors und seiner Schüler. Die Notwendigkeit einer solchen Aufnahme auch unserer heimischen Meere ist neuerdings wohl bei uns erkannt worden (174b), die gegebene Anregung bedarf aber noch der Ausführung.

Im Berührungssaum von Meer und Land, im Strandgebiet, vollzieht sich in ewigem Rhythmus ein vielfacher Wechsel von Zerstörungs-, Aufbereitungs- und Umlagerungsvorgängen. Hier finden sich nicht nur die Produkte festländischer Zerstörungsvorgänge, einerlei, ob sie mechanischer (Sprengung durch Frost oder starke Temperaturschwankung, Gletscherschliff, Abnutzung durch Wasser- oder Windtransport) oder ob sie chemischer Natur (Auflösung oder Verwitterung) sind. Zu diesen Vorgängen treten die Agentien des Meeres selbst hinzu, die Brandung mit dem Küstenstrom, Gezeiten-, Stau- und Sogströme, die auflösende Tätigkeit des Meereswassers, die zerstörende Tätigkeit einer nicht kleinen Anzahl seiner Bewohner usw. Die genannten mechanisch wirken-

<sup>1)</sup> Dieser Abschnitt schließt unmittelbar an den Schluß des Textes des ersten Teiles auf p. 360 in Bd. III dieser Rundschau an.

<sup>2)</sup> Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf das Literaturverzeichnis, und zwar die Zahlen von 1 bis 269 ohne beigefügte Buchstaben auf das Verzeichnis im ersten Teile dieses Referates (diese Zeitschr. 3, 1912, p. 324—338), wobei indessen zu bemerken ist, daß Zusätze hierzu auch in dem diesem Teile des Referates beigegebenen Verzeichnisse zu finden sind, auf welches sich ferner alle Zahlen mit beigefügten Buchstaben und sämtliche Zahlen von 270 an beziehen.

den Kräfte des Meeres betätigen sich, wenn auch in abgeschwächterer Form, auch noch weiter seewärts, um hier nacheinander zu verschwinden. Über die Tiefe, in welcher das geschieht, bestehen noch manche Meinungsverschiedenheiten. Hier müssen zum Teil weitere Untersuchungen angestellt werden, denen die Geologie mit Interesse entgegensieht. Praktisch ist aber die Wirkung jener Kräfte in Tiefen von einigen hundert Metern so gut wie unmerklich. Hiernach unterscheidet KRÜMMEL »ebenso nach genetischen, wie topischen Merkmalen nicht nur die litoralen von den hemipelagischen Ablagerungen, sondern innerhalb der litoralen noch die Ablagerungen im Bereiche des eigentlichen Strandes von denen des Seichtwassers oder der Schelfe.«

#### a) Strandablagerungen.

Strand ist der Berührungssaum zwischen Meer und Land, welchen das Meerwasser unmittelbar bespült, und daher, je nach der Größe der Gezeiten, sehr verschieden breit. Am schmalsten an Steilküsten und in solchen Meeresteilen, welche, wie z. B. die Ostsee nur geringe Unterschiede zwischen Hoch- und Niedrigwasser aufweisen, kann der Strand eine Breite von Kilometern erreichen, wo Flachküste und starker Gezeitenhub, wie in manchen trichterförmigen Meeresbuchten (z. B. Fundy-Bai im östlichen Canada), zusammentreffen. JOH. WALTHER gebraucht in seiner »Einleitung ...« 1893/4, auch noch neuerdings (Geschichte der Erde und des Lebens. Leipzig 1908, p. 81) für diesen täglich zweimal durch die Gezeiten trocken gelegten Strandsaum den sonst nicht üblichen Ausdruck »die Schorre«.

Die Strandablagerungen im Sinne von KRÜMMEL entsprechen den Litoralablagerungen bei MURRAY & RENARD (70).

Die obere Grenze des Wellenbereiches wird durch verschiedene Bildungen gekennzeichnet, je nachdem es sich um einen aus weichem Material bestehenden Strand oder um eine steile Felsküste handelt. Am Felsstrande kennzeichnet sie eine wagerecht verlaufende hohlkehlenartige Nische, die Brandungshohlkehle. Auf die Bildung dieser Abtragungsform zusammen mit der Entstehung der Brandungstore ist hier nicht der Ort einzugehen. Doch mag gesagt sein, daß durch das Zurückweichen solchen Felsstrandes, welches weniger durch Abschleifen vermittelt der durch die Brandung bewegten Festmaterialien, als vielmehr durch Ausbrechen von Gestein und Nachstürzen unterwaschener Partien geschieht, eine Menge Gesteinsmaterial geliefert wird, welches entweder an Ort und Stelle unterhalb des Kliffs als Blocklager liegen bleiben kann oder abtransportiert wird und an anderen Orten zur Ruhe kommt. Durch Stand- und Treibeis können größere, in Eis eingefrorene Blöcke leicht weit seewärts hinwegtransportiert werden. Blocklager jener Art treten sehr charakteristisch an den Felsküsten der beiden Polargebiete auf. Wo nur schwacher Gezeitenhub vorhanden ist, stellen sich häufig sogar Schutthalden aus scharfkantigen

Blöcken ein. Wo blockreicher Geschiebemergel der Brandungszerstörung unterliegt, wird das feinkörnige Sand-, Mergel- und Lehmmaterial herausgewaschen, und die größeren, teils wenig gerundeten Blöcke bleiben allein zurück, oft Kante auf Kante übereinander getürmt. Blockstrand dieser Bildung umsäumt viele Küstenstrecken der südlichen Ostsee, so auf Rügen und an der Samlandküste. Die in das Wasser sich hineinziehenden tieferen Teile solcher Blockanhäufungen werden von den Fischern als »Scharfer Grund« gemieden, da sie ihnen die Netze zerreißen. Diese Blocklager sind der beste natürliche Schutz gegen zu schnelles Weiterstreiten der Küstenzerstörung, da sie die Gewalt der Wogen mindern, bevor dieselben das eigentliche Kliff erreichen; sie sollten daher nicht, wie das vielfach an den Ostseeküsten geschehen, restlos ausgebeutet werden. Bei hohen Gezeiten und starken Gezeitenströmen, wie in den innersten Teilen der Fundy-Bai verteilen sich die Blöcke häufig in relativ kleiner Menge über die eigentümlichen Felswatten. Diese Felswatten beherbergen, besonders, wenn sie von dichten Tangbüscheln überzogen sind, eine eigenartige Tierwelt. Gerade solche am Felsen angeheftete Tangbüschel tragen aber vielfach zur Zerstörung der Felsflächen dadurch bei, daß die Sturmwogen gut an ihnen anzufassen vermögen und mit ihrer Hilfe Stück für Stück aus der Gesteinsfläche heraushebeln. Anderseits müssen Gerölle, welche eine Bewachsung mit Tang zeigen, leichter von der Brandung transportiert werden, als solche, welche frei davon geblieben sind. Tangpolster fehlen begreiflicherweise an regelmäßig vereisten Küsten. An der öden Küste von Baffin-Land, wo hohe Gezeiten mit Küsteneis zusammentreffen, wirken die durch den Gezeitenstrom hin- und hergetriebenen Eisschollen, wenn sie auch den Wogen gang dämpfen, doch stark zerstörend auf den Strand (nach R. S. TARR bei KRÜMMEL 187). Nach J. THOULET (46a) wird an den Küsten von Labrador und Neufundland der Felsstrand bei Hochwasser benetzt, bei Niedrigwasser aber durch Gefrieren des Wassers in den Gesteinsfugen aufgelockert, so daß die Eisschollen stets loses Material zum Abtransport wie zur Korrosion zur Verfügung haben. (Vgl. auch 61). An die beschriebenen Blocklager vor Steilküsten schließen sich seitwärts in flacheren Buchten oder meerwärts bis in das flache Wasser hineinreichend Kies- und Sandlager an, die sich stetig aus den Blocklagern regenerieren unter fortdauernder Abnutzung und Feinerwerden des Korns der einzelnen Komponenten.

»Stets muß sich an einer Steilküste, wenn das Meeresniveau konstant bleibt, eine in demselben gelegene Terrasse herausbilden«: ... Mit diesen Worten hat VON RICHTHOFEN, welcher zuerst die große Bedeutung der Abrasion durch die Brandungswelle für die geologische Vorzeit ins rechte Licht setzte, neben die Zerstörungsform des Kliffs die Brandungs- oder Abrasionsplatte gesetzt, welche im Felsstrand gipfelnd sich unter dem Meeresspiegel fortsetzt. Ablagerungen, welche sich, wie die oben erwähnten Blocklager am Fuße des Kliffs anhäufen, bilden das, was

G. BRAUN (259a) als Vorstrand bezeichnet. Dieser Vorstrand ist in seiner einfachsten Form die einseitige, meerwärts geneigte Böschung eines Strandwalles, wie wir solchen noch gleich kennen lernen werden. Häufig wird der ganze auf dem Vorstrand angehäuften Schutt durch einen einzigen Sturm fortgeführt. Ein derartig wechselnder Zustand herrscht z. B. an der Ostküste der Halbinsel Jasmund auf Rügen. »Oft umsäumt auf weite Strecken hin ein geschlossener Feuersteinvorstrand das Kreidekliff, zu Zeiten sogar recht breit, dann kommen wieder Stellen und Zeiten, wo er ganz oder fast ganz fehlt.« Auch an der Nordküste des Samlandes kann man derartig wechselnde Zustände beobachten. Häufig halten einander auch Zufuhr vom Lande her, durch Material des in Zerstörung befindlichen Kliffs, und Abfuhr von seiten des Meeres die Wage; ein solcher Vorstrand ist dann nicht mehr zu unterscheiden von dem, was man allgemein als Strandwall bezeichnet.

Eine neue zusammenfassende Darstellung über europäische Strandwälle verdanken wir G. BRAUN in der zitierten Arbeit, deren im folgenden eingehender berücksichtigte Resultate in der Hauptsache auch für außereuropäische Strandbildungen zutreffen dürften. Besonders hingewiesen sei auch auf eine Arbeit von V. CORNISH (106).

Das Material des Strandwalles ist Küstenschutt mit organischen Beimengungen. Der Küstenschutt wechselt der Korngröße nach zwischen Geröllen und feinen Sanden. Eine obere Grenze für die Geröllgröße ist durch die Stärke der an der betreffenden Küste vorkommenden Sturmwellen gegeben. Diese obere Grenze liegt ziemlich niedrig. Die Feuersteinstrandwälle von Cayeux am Kanal und an der Küste der Insel Rügen bestehen nach G. BRAUN übereinstimmend nur aus kaum faustgroßen Steinen. Gröber ist im allgemeinen das Korn der aus eiszeitlichen Geschieben aufgebauten Wälle an den norddeutschen Küsten. Bei Cranz an der Samlandküste und bei Heiligendamm in Mecklenburg werden Durchmesser von 10—15 cm erreicht. Die aus cambrischem Nexö-Sandstein gebildeten Strandwälle bei Salthammer Odde auf Bornholm bestehen aus Platten von etwa 12—15 cm Durchmesser. Zwischen Geröll- und Sandstrandwall finden sich naturgemäß alle Übergänge, und es ist wohl zu beachten, daß die Korngröße der jeweilig aufgeworfenen Materialien auch von den Jahreszeiten abhängig ist. In der Regel sind die auf verschieden starke Wasserbewegung zurückzuführenden einzelnen Kies- und Sandschichten sehr scharf gegeneinander abgesetzt. Im übrigen wird es leicht verständlich, daß ältere Strandwälle prozentual stets mehr grobe Körner zeigen, als sie ursprünglich besessen haben; das liegt an der relativen Anreicherung der gröberen Körner bei der Auslese durch Windausblasung und austretende oder überfließende Wasserströme.

Die Form der einzelnen Komponenten des Strandwalles hängt erstens von den stofflichen und Konsistenzigenschaften des Gesteinsmaterials, zweitens von der Länge des zurückgelegten Transportweges und drittens

auch von der Korngröße ab. Die Brocken und Platten des genannten Nexö-Sandstein-Strandwalles auf Bornholm sind kaum gerundet, während aus demselben Gestein bestehende dahinter liegende ältere Strandwälle, die offenbar länger der Brandungseinwirkung ausgesetzt waren, stärkere Abnutzung zeigen, obwohl auch sie ganz in der Nähe ihr Anstehendes haben. Die nur geringe Härte und keine Dünnschichtigkeit zeigenden Kreidekalke an den Küsten der Normandie und von Rügen zeigen dagegen schon nach kurzem Transport längs der Küste ausgezeichnete, oft kugelförmige Abrundung. Sehr vollkommene Abrundung wird häufig dort beobachtet, wo, wie bei den Geschiebemergeln der deutschen Ostseeküste die Gesteinsbrocken bereits vor ihrem Übergang in den Küstenschutt eine starke Abnutzung erfahren haben, wobei die Gesteinsart mehr oder weniger gleichgültig ist, zumal es sich um bereits nach der Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung gut ausgelesenes Material handelt. Dementsprechend findet man z. B. an der Nordküste des Samlandes, besser noch am Ufer der Kurischen Nehrung, wo ein längerer Transport durch die Küstenversetzung hinzugekommen ist, nicht selten überraschend symmetrische Geröllformen der verschiedenartigsten Gesteine. Aber auch in glazial nicht beeinflussten Gebieten zeigen die größeren Komponenten häufig ausgezeichnete Abrollung, selbst solche aus dem harten und in der Regel als Beispiel für Sprödigkeit genannten Feuerstein, wozu indes zu bemerken ist, daß die Sprödigkeit des noch bergfeuchten Materials bedeutend geringer ist, als nach Austrocknung. Kugelrund abgeschliffene Feuersteine erwähnt z. B. W. KOERT (158a) vom Strande Helgolands. Viel weniger deutliche Abrollung zeigen vielfach die mittleren Korngrößen der Kiese und die schon bei geringer Wasserbewegung suspendiert transportierten Sandkörner. Doch ist auch hierbei zu beachten, ob solches Material nicht aus schon vorhandenen Sandablagerungen anderer Entstehung stammt und bereits andersartigen Abnutzungsvorgängen unterlag.

Von organischen Beimengungen spielen Tierreste selten eine große Rolle. Doch kann man auch kilometerlange Strecken, z. B. auf unseren ostfriesischen Inseln, beobachten, die ganz mit Bivalvenschalen übersät sind, wobei einmal die Seltenheit zweischaliger Exemplare und ferner die Lage der Einzelklappen mit der Wölbung nach oben, die hier fast die Regel ist, auffällt. Die Schalen aller dieser Tiere liegen hier auf sekundärer Lagerstätte, sie haben nichts mit der eigentlichen Strandfauna zu tun. Übrigens ist es sehr auffällig, daß dort, wo uns Schichtgesteine begegnen, welche eine Häufung von Einzelklappen von Muscheln zeigen, die Wölbung dieser Klappen in der Regel nach unten gerichtet ist, woraus hervorgehen dürfte, daß solche Gesteine mit eigentlichen Strandbildungen nicht identifiziert werden dürfen. Muschelschalen finden sich nach J. LORÉ (zit. nach G. BRAUN) an der holländischen Küste so stark angehäuft, daß sie in Wagenladungen gesammelt und auf Kalk verarbeitet werden (vgl. auch 1, 2a) oder zum »Mergeln« der Felder dienen.

Ganz steril pflegen die aus Kiesen oder Geröllen aufgebauten Strandwälle zu sein. Das liegt z. T. sicher an der Zerkleinerung und Zerreibung der Schalen durch die Gerölle, zum anderen tritt aber in diesen wasser-durchlässigen Ablagerungen als bedeutungsvoll vielfach eine rasche Auflösung der Kalkschalen hinzu. Häufig folgt lokale Verkittung der Ablagerung, durch Wiederausscheidung der hierdurch entstandenen Kalklösung, wie das DEECKE (176a) von der pommerischen Küste, BRAUN von Küsten der Iberischen Halbinsel berichtet. Die Fossilarmut echter fossiler Strandbildungen wird durch alles dieses in helles Licht gesetzt. Das gilt aber nicht so für Pflanzenreste. Tange nehmen oft erheblichen Anteil am Aufbau von Strandwällen. Gerne benutzt man sie an den Küsten des Samlandes zur Düngung der Felder. Der Strandwanderer an der »Bernsteinküste« aber weiß, daß gerade in den Tangbüscheln und dem Genist aller möglichen Holzreste der gesuchte Bernstein sich vorfindet, einmal, weil er sich in den Tangbüscheln verfangen hat und mit diesen an den Strand befördert wird, sodann aber auch wegen seines geringen spezifischen Gewichtes, das ihn zu den leichteren Materialien weist, die das Meer auswirft. Ganze Torflager aus marinen Tangen bilden sich nach KRÜMMEL (187) an der Küste der Vendée zwischen La Chaume und Les Granges, bei Finisterre im Inneren der Bucht von Teven und in der Ljamtshinabucht auf der Waigatschinsel. BRAUN fand in den Sanden und Kiesen mit *Mytilus* westlich von Frederikshavn in Jütland dünne Kohlenschmützchen, die er ebenfalls auf Tang zurückführen möchte. Die Wellen formen vielfach eigenartige Wülste aus den Tangmassen, die besonders nach Überschüttung mit Sand wegen ihrer auffälligen Formen in die Augen fallen. Seltener sind den Seebällen POTONLÉS (177b) entsprechende Gerölle von Tangmassen. Von gewaltigen Treibholzlagern berichten uns die Reisenden aus Spitzbergen, Ostgrönland, Nordisland und dem arktischen Amerika. Handelt es sich hierbei meistens um nordsibirische und canadische Nadelhölzer, so dürfte doch auch der Golfstrom stark zur Entstehung solcher Treibholzmassen beitragen. Diesen arktischen Vorkommnissen gegenüber muß aber darauf hingewiesen werden, daß Treibhölzer in den Tropen nach KRÜMMEL sehr rascher Verwesung unterliegen. Außer solchen angetriebenen vegetabilischen Massen und den Schalen von Flachwassertieren sind auch schwimmende Hartgebilde von Hochseetieren am Strande nicht selten, wie der Schulp der *Sepia officinalis* an den Mittelmeerküsten oder die Schale der *Spirula* in den Tropen. So häufen sich nach KOERT (158a) an zahlreichen Stellen im Hafen von Daressalam in der Hochwasserlinie die schön blauen Schalen der *Janthina*, Schalen von *Bulla* und *Spirula*, seltener von *Nautilus*, daneben *Kopal*, ein subfossiles Harz, welches aus den Lehm- und Sandschichten der Küste ausgespült wird, und schließlich in großer Menge Bimsstein, welcher noch vom Ausbruch des Krakatau herühren soll.

Was den inneren Bau der Strandwälle anbetrifft, so zeigt sich zunächst, daß die Aufbereitung des Materials nur unvollkommen ist; es liegen oft größere Brocken in feinerer Grundmasse. Die Lage der scharf gegeneinander abgesetzten Schichten geht in der Regel parallel der Oberfläche, sobald es sich um Querschnitte senkrecht zum Verlauf der Küste handelt. Längsschnitte dagegen zeigen vielfache Wechsellagerungen und häufiges Ablösen der einzelnen Kies- und Sandschichten. Kreuzschichtung findet sich nur dort, wo Flugsand den oberen Teil des Strandwalles bedeckt, und hat demnach mit dem durch das Meer aufgeworfenen Walle genetisch nicht das mindeste zu tun.

Wo das Material des Strandwalles keine großen Unterschiede in Korngröße und spezifischem Gewicht erkennen läßt, ist auch von einer zonaren Anordnung des Materials an dem Äußeren des Strandwalles nichts wahrzunehmen. In der Regel tritt aber eine solche Anordnung in Zonen deutlich in Erscheinung. So unterscheidet man an unseren Küsten einen Winter- oder Sturmstrand von einem Sommerstrand. Ersterer ist einmal ausgezeichnet durch die erheblichere Größe seiner Gerölle, dann aber sammeln sich auch auf ihm allerlei Hölzer, Wurzeln, Schilf- und Tangreste, also Material, welches bei stürmischem Wetter irgendwo von der Küste oder vom Meeresboden losgerissen und dann ans Land gespült wurde. Hier findet man auch die mannigfaltigsten und besterhaltenen Tierreste, während auf dem »Sommerstrand« durch das stete Spiel der Wellen alle Schalen zerrieben werden. Daher z. B. auch das Fehlen der *Spirula* im Sommerstrandwall, aber ihr häufiges Vorkommen im Sturmwall von Beira in Mocambique (282). — Finden sich im Sand, wie das nachher noch behandelt werden soll, besonders schwere Bestandteile, wie z. B. Magneteisen, so treten dieselben immer streifen- und nesterweise auf, indem sie dort angereichert wurden, wo die Transportkraft der sie bewegendenden Wellen zu Ende ging. Gerölle und Sand treten in gesonderten Streifen auf, und BRAUN konnte beobachten, daß am Weststrand des Samlandes die spezifisch leichten, grauen Senonkalke mit *Belemnitella mucronata* immer gesondert von den übrigen Gesteinen liegen, was auch der Verfasser dieses bestätigen kann. Die Verschiedenartigkeit des Materials bringt naturgemäß Unterschiede in den Böschungswinkeln der Strandwälle hervor, so daß die einzelnen, aus verschiedenem Material aufgebauten Zonen auch der Form nach stark hervortreten.

FORCHHAMMER (1) »fand den Winkel, den der Strand bei Skagen gegen das Meer bildet, 6°, 8°, 12°, 13°, 14°; weiter gegen S. wechselte er zwischen 5° und 8½°, an einzelnen Stellen 12°. Im Liimfjord stieg derselbe bis 25°; dies waren Steine, während der früher beobachtete aus Sand bestand. Man wird also 25° als das Maximum des Neigungswinkels des Strandes gegen die See annehmen können. Wenn nun das Meer eine neue Schicht absetzt, ohne sein Niveau bedeutend zu verändern, so legt sich diese neue Schicht unter demselben Winkel an den



früher abgesetzten Strand, und so bildet sich ein ganzes System von geneigten Schichten, welche ursprünglich unter diesem bedeutenden Winkel abgesetzt sind.« Diese Beobachtungen über die Entstehung primär geneigter Schichten am Sandstrande sind zweifellos für das Problem der Schichtung und die Entstehung von Diagonalschichtung, die FORCHHAMMER daraus ableitet, äußerst wichtig; es kann jedoch füglich bezweifelt werden, ob solcherart entstandene Schräg-, bzw. Diagonalschichtung fossil sehr häufig vorkommt, da eigentliche Strandbildungen infolge der Eigenart ihrer Lage nur unter sehr günstigen Verhältnissen erhalten bleiben können. (Vgl. hierzu auch des Verf.: Wesen, Ursachen und Arten der Schichtung. Diese Zeitschr. VI, 1916, p. 351—397.)

Die allgemeine Form des Strandwalles ist nach BRAUN »bei Sand und Kies da, wo Anschwemmung stattfindet, die, daß auf einer mit dem mittleren Winkel von etwa  $2-4^{\circ}$  abfallenden Fläche an der Basis nach dem Meere zu ein zweiter kleiner Wall aufsitzt. Derselbe muß als das innerste Sandriff angesehen werden, das seinen Weg von außen her vollendet hat und nunmehr dem Strandwall einverleibt ist. Dieser jüngste Bestandteil seinerseits« — BRAUN nennt ihn das »Zuwachsriff« — »besteht aus einer dachförmig nach innen und außen abfallenden Fläche, der sich nach innen zu noch eine Stufe mit dem maximalen Winkel des Sandes geböscht anschließt«. Die innere Seite der Wälle ist gewöhnlich stärker geböscht als die äußere. »Wenn das Zuwachsriff fehlt, so unterliegt die Küste der Abspülung, wenn auch oft nur vorübergehend. Entweder halten sich dann Abfuhr und Zufuhr die Wage und die Wellen branden auf einer gleichmäßig geneigten Fläche, oder die Brandung zerstört sogar, sie schneidet in den Strand ein Kliff hinein. Die an den Strandwällen auftretenden Winkel zeigen sehr verschiedene Werte. In der Brandungszone treten z. B. an der Westküste von Jütland fast durchgängig Winkel von  $4^{\circ}$  auf, in Sylt auch größere, bis zu  $12^{\circ}$ ; an den Ostseeküsten und der Gascogne herrschen ebenfalls Winkel von  $2-4^{\circ}$  vor, wesentlich flacher ist die Böschung in Holland, wo fast ständig nur  $1-2^{\circ}$  erreicht werden. Diese Zahlen beziehen sich auf Sande. Kiese sind oft steiler geböscht, so bei Simrishamn mit  $10^{\circ}$ , bei Sables d'Olonne mit  $8^{\circ}$ . Die beobachtete Maximalböschung von Sand und Steinchen in der Brandung beträgt  $16^{\circ}$ , außerhalb derselben  $34^{\circ}$ . Angaben über die Höhe von Strandwällen sind deshalb schwer zu machen, weil bei dem Auftreten von Sand die Krone des Walles immer durch Dünenbildung erhöht wird. Brauchbare und vergleichbare Werte lassen sich daher nur an Wällen aus größerem Material gewinnen. Es ergibt sich da, daß die größte Höhe beträgt an der Ostsee 2 bis 3 m, an der Nordsee 4 bis 5 m, am Atlantischen Ozean 10 bis 12 m über der Abrasionsplatte (Sables d'Olonne).« Alternde Strandwälle, denen sich infolge Zurückweichens des Wassers neue seewärts vorlegen, verflachen schließlich, kleine Böschungsunterschiede verschwinden und ein solcher gealterter Strandwall ist ein einfacher flacher rundlicher Rücken.

Es wäre hier der Ort, einer typischen Verschiebung des Strandmaterials zu gedenken, welche in der Längsrichtung des Strandes eintritt, wenn die Wellen nicht genau senkrecht auf die Küste auftreffen, was sehr selten der Fall ist. Dann entsteht durch die Kombination der schräg auflaufenden Wellen, welche Steine, Kies und Sandkörner in der ihnen eignenden Richtung vorwärts stoßen, und des senkrecht von der Küste abfließenden, der größten Neigung folgenden sogenannten Sogstromes eine Verfrachtung der beweglichen Lockermaterialien in der allgemeinen Richtung der vorherrschenden Winde längs der Küste. Wie diese »Küstenversetzung« im einzelnen entstanden zu denken ist, hat KRÜMMEL (Handbuch der Ozeanographie, Bd. 2, 1911, p. 125—128) kürzlich auseinandergesetzt. Danach handelt es sich nicht um eine einfache Zickzackbewegung, wie das PHILIPPSON (Über die Typen der Küstenformen, insbesondere der Schwemmlandsküsten. Richthofen-Festschrift, Berlin 1893, p. 1—40) beschreibt, der jenen Ausdruck in die Wissenschaft einführte (nachdem die Erscheinung schon 1834 von H. R. PALMER klar erkannt und beschrieben war), und wie es TORNQUIST (234) und THOULET (192) noch neuerdings dargestellt haben; sondern die einzelnen Wasserteilchen, die mit jeder Welle schräg auf den Strand hinauflaufen, beschreiben parallele und konzentrische Parabeln, und indem sich dieses wiederholt, wandern sie mit jeder Welle ein Stück seitwärts, alles Bewegliche mitnehmend. KRÜMMEL hat für diesen wichtigen Vorgang, mit dem sich auch noch andere Autoren neuestens beschäftigt (184, 226, 259a), die neue Bezeichnung »Strandverfrachtung« vorgeschlagen, die aber nichts anderes besagt, als der ältere PHILIPPSONsche Ausdruck »Küstenversetzung«. Übrigens dürften länger in der gleichen Richtung anhaltende Winde schon allein einen Küstenstrom erzeugen, der in gleicher Weise wirkt, wenn auch das von einem solchen Strom mitgeführte Material im allgemeinen nicht auf den Strand gelangt. Die Küstenversetzung erklärt die Entstehung der sogenannten Sandhaken und Sandriffe im Wind-, Wellen- und Strom-»Schatten« bei rückbiegender Küste und die Bildung der Nehrungen der deutschen Ostseeküste. Das Ostwärtswandern der Ostfriesischen Inseln in der Nordsee (261) geht unter Mitbeteiligung dieses Faktors vor sich (vgl. auch 283). Ebenso wie Küstenströme, die durch anhaltende Winde erzeugt werden, wirkt auch gelegentlich der Flutstrom<sup>1)</sup>, und seine Mitwirkung ist gerade für das letztgenannte Beispiel außer Zweifel. Im südlichen Teile der Nordsee vollzieht sich eine Kreislauf-artige Verschiebung des Sandmaterials, indem an der

<sup>1)</sup> Im allgemeinen wirken Brandung und Küstenstrom einerseits, Gezeitenströmungen andererseits einander bezüglich der Ausgestaltung der Küsten entgegen. Erstere trachten Buchten und Straßen durch Haken und Nehrungen zu schließen und dadurch Lagunen (Haffe) zu erzeugen; die Gezeitenströme dagegen erhalten als Spülströme einen gebuchteten Küstenverlauf, dessen Vorhandensein übrigens ihre Entstehung bedingt. (Vgl. A. PENCCK, Morphologie der Erdoberfläche, II, p. 495. Stuttgart 1894.)

ostfriesischen Küste der Sand nach Osten, an der schleswig-holsteinischen nach Süden wandert, beim Zusammentreffen beider aber vom Ebbestrom wieder in die offene See hinausgeführt wird. Nur ein Teil geht diesem Kreislauf unterwegs für Dünenbildungen verloren. An der britischen Kanalküste ist nach WHEELER (zit. nach AL. SUPAN, Grundzüge der Physischen Erdkunde, 3. Aufl., 1903, p. 523) nur der Flutstrom die bewegende Kraft, denn die Geschiebe wandern nur im Niveau unmittelbar unter der Hochwasserlinie und umgehen nicht die Küstenvorsprünge, sondern bleiben innerhalb der Buchten. Der Flutstrom ist es auch, der die Abrasionsprodukte der Kalkküste von Calvados nach der Seinebucht westlich von Honfleur führt. Der Detritus der spanischen Nordküste wandert an den Strand der Gironde.

Es liegen eine Reihe von Beobachtungen vor über den Betrag und die Schnelligkeit der seitlichen Verschiebung von Lockermaterial durch die Küstenversetzung. BRAUN (259a) hat sie zusammengestellt. Auf Rügen nehmen die aus der Schreibkreide ausgespülten Feuersteine mit der Entfernung von ihrem Ursprungsort rasch ab. Dabei muß hervorgehoben werden, daß die am weitesten transportierten Steine fast immer von Tangbüscheln, meist *Fucus*, besiedelt sind, deren Verzweigungen den Wellen natürlich leichte Ansatzpunkte bieten, während die Blasen des Tanges direkt das Gewicht des Steines teilweise kompensieren. Solche Steine werden dann weiter transportiert, als es ihrer Größe entspricht. Eine viel größere Rolle als an unseren Ostseeküsten spielt diese Erscheinung am offenen Weltmeere, wo fast jedes Geröll von Tangen bewachsen ist. Beobachtungen über die Schnelligkeit der Küstenversetzung sind öfter an gelegentlich in den Küstenschutt gekommenen fremden Gegenständen, wie Steinkohlenschlacken oder Ziegelsteinen angestellt worden. Von Ziegelsteinen wurden an der südenglischen Küste bei gutem Wetter, also doch wohl mäßigem Seegang 522 m in 28 Stunden durchgemessen (nach VAUGHAN CORNISH). Bei sonst gleichbleibenden Bedingungen werden größere Geschiebe langsamer bewegt als kleinere.

»Der seeseitige Winkel des Strandwalles entspricht stets einem Gleichgewichtszustand zwischen Zufuhr und Abfuhr. Ist die Zufuhr durch die Brandung stark, so ist der Winkel ein großer, um dem Sog trotz des Verlustes durch Versickern die Kraft zu geben, das überschüssige Material zu entfernen und dem weiteren Transport zu überliefern. Wird anderseits der Sog gegenüber der Stoßkraft der Wellen zu stark, wie es bei Sturm der Fall ist, so reißt er so viel Material von oben herab, daß der Winkel sich verflacht und wieder Gleichgewicht eintritt« (G. BRAUN).

Einen Strand, der aus einem System mehrerer Strandwälle der beschriebenen Art aufgebaut ist, kann man mit BRAUN eine »Strandwall-ebene« nennen. Die öfters beobachtete Tatsache, daß die äußeren Wälle in solchem Fall höher sind, als die inneren, erklärt VAUGHAN CORNISH dadurch, daß je weiter ein solches Wall- und Rinnensystem sich

ins Meer vorschiebt, desto heftiger und stärker die Angriffe des Meeres werden, die dann eben höhere Strandwälle schaffen können.«

An sandigen Küsten beobachtet man vielfach eine Anzahl (2 oder 3) von der Küste parallel gelagerten Sandbänken, welche bei tiefer Ebbe teilweise trocken liegen. Zu solchen Bildungen gehört auch das sogenannte »Sandriff« G. BRAUNS. Das Sandriff ist ein Vorläufer in der Bildung des Strandwalles, richtiger gesagt die Form, welche das in Transport gegen eine Küste befindliche Sandmaterial in der Nähe einer Strandböschung annimmt. Die Sandriffe bilden sich da, wo der Sog- oder Rückstrom einer Wellengruppe mit den Wellenbergen der nächsten Wellengruppe zusammentrifft und die Reibung der entgegengesetzten Wasserbewegungen ein teilweises Ausfallen des suspendierten Materials bedingt. Sandriffe finden sich nur dort, wo mindestens schon ein Vorstrand vorhanden ist; bei Klippenbrandung wird der Schutt ganz unregelmäßig verteilt. »Die Form des Sandriffes ist die eines dem Ufer parallelen Walles, der von der Seeseite her sanft ansteigt, nach dem Lande zu steiler abfällt. Das Material scheint meist Sand zu sein.« Die Sandriffe verschieben sich einmal in der Richtung auf das Land zu, sodann aber auch seitwärts, entsprechend der Richtung des jeweiligen Küstenstromes. »Das Sandriff ist daher nicht eigentlich eine Aufschüttungsform, sondern eine Transportform mit wanderndem Inhalt, vergleichbar einer Röhre, in der sich der Sand vorschiebt«. Das erste, innerste Sandriff wird allmählich schließlich »soweit landwärts verschoben, als es dem stärksten Seegang bei dem höchsten Wasserstand, der an der Küste vorkommt, möglich ist, und wird dabei so hoch aufgebaut, daß es bei Rückgang des Wasserstandes und Seeganges trocken fällt. Damit ist aus dem Sandriff der Strandwall geworden.« Ältere Bezeichnungen für dieses »Sandriff« sind »Schaaren« (HAGEN, PENCK, JENTZSCH, ACKERMANN), »Riffe« (JENTZSCH), auch der einfache Ausdruck »Bänke« kommt vor. BEYER (126) beschrieb die Dreizahl der Sandriffe von der Westküste Sylts.

Das Material der Strandsande wechselt naturgemäß mit dem Gestein der jeweiligen Küsten; gleichwohl besteht es in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle in der Hauptsache aus Quarz mit je nach der Natur des näher oder ferner anstehenden Gesteines verschiedenen akzessorischen Beimengungen. Eine eingehende Untersuchung rezenter Küstensande ist bereits vor längerer Zeit von RETGERS (88) empfohlen und ausgeführt worden. Neuerdings haben sich z. B. auch italienische Autoren mit solchen Arbeiten beschäftigt (ARTINI, 91, CHELUSSI, 259c, 273a, b) mit besonderer Berücksichtigung der Herkunft der verschiedenen Mineralien, Untersuchungen, deren Übertragung auf fossile Verhältnisse von großem Nutzen für die Paläogeographie sein muß. Die Zerkleinerung der kristallinen Geschiebe der Grundmoränen an den deutschen Ostseeküsten entsendet Körner von Feldspat, Magneteisen und Glimmerblättchen in die neu entstehenden Strandsande; Kalkküsten

liefern kalkigen Sand, der aber, von der Küstenversetzung und vom Küstenstrom verschleppt, mehr und mehr der Auflösung anheimfällt, dem Strandsediment also nur eine Lokalfärbung zu verleihen vermag. An Schreibkreideküsten (Ärmelkanal, Rügen) bilden die z. T. ausgezeichnet abgerollten Feuersteinknollen charakteristische Gemengteile der Strandsedimente. Infolge intensiver Wasseraufbereitung finden sich nicht selten ziemlich reine Mineralsande. An der indischen Küste bei Kap Comorin und an der Palkstraße kommen nach J. WALTHER stellenweise reine Granatsande vor. Einen dunklen, spezifisch schweren Sand, dessen Hauptbestandteil Granat ist neben Magnetit, Epidot, Turmalin, Spinell, Korund und anderen Edelmetallen — eine echte feinkörnige Edelsteinküstenseife — sah KEILHACK unlängst in der Umgebung von Hambantota auf Ceylon den Strand und die Stranddünen zusammensetzen, deren dunkle Farben einen eigenartigen Eindruck erwecken sollen (309). Vielleicht handelt es sich hierin um die vom Meere aufbereiteten Rückstände von Laterit. Vulkanische Gegenden liefern spezifische andere Mineralsande; so zeigt der Golf von Neapel bei Sorrent und auf Ischia Sanidinsand, bei Torre del Greco Olivinsand, bei Pozzuoli Magneteisensand. JOH. WALTHER und P. SCHIRLITZ<sup>1)</sup> konnten zeigen, daß chemische Zersetzung durch das Meerwasser die Grundmasse der betreffenden Laven ausätzt, so daß die porphyrisch ausgeschiedenen Sanidine und Olivine herausfallen und bis zur Hälfte oder mehr des Ufersedimentes bilden.

Bänder von Titaneisensand erwähnte VON RICHTHOFEN aus dem Kalksand von Java. Magneteisensand fand BORNEMANN an der Westküste Sardiniens, Streifen solchen Sandes sind auch keine Seltenheit an unseren Ostseeküsten, wo das Material offenbar den kristallinen Gesteinen der aufbereiteten Grundmoräne entstammt (vgl. dazu W. DEECKE, 50b); diese dunklen Sande der Ostseeküste sind stellenweise ebenfalls reich an Granat. Reiche, ausbeutungsfähige Lager von Magneteisensand sind von der atlantischen Küste von Canada im St. Lorenz-Golf bekannt geworden (279a). Sie geben nach elektromagnetischer Aufbereitung ein brauchbares Erz. Eine Anzahl Funde von »titanhaltigem Magneteisensand« hat BURKART (14) angegeben. Nach seiner Mitteilung hat schon 1861 NÖGGERATH Proben solchen Sandes, welcher 9—20 Fuß mächtig an der Meeresküste von Neuseeland auftritt, vorgelegt. F. VON HOCHSTETTER sah 1858 während der Novara-Expedition an der Westküste der Nordinsel von Neuseeland, besonders an der Küste von Taranaki, solchen Sand meilenweit das Ufer bedecken. Der Magneteisensand der Küsten von Connecticut und von Rhode Island enthält nach HUNT neben Quarz auch Granat. Am Strande zwischen San Francisco und dem Puget-Sunde sollen Magneteisensande Gold und

<sup>1)</sup> JOH. WALTHER u. PAUL SCHIRLITZ, Studien zur Geologie des Golfes von Neapel. Zeitschr. deutsch. geol. Ges., 38, 1886, p. 315.

Platin enthalten. Vom lagerstättenkundlichen Standpunkte aus sind solche Strandsande als marine »Seifen« zu bezeichnen. Über eine Strandseife von aus Serpentin stammendem Chromeisenerz hat R. PILZ (VI. Jahresber. Freiburger Geolog. Ges. 1913, p. 12—39) kürzlich aus Britisch-Nordborneo berichtet.

Die Küstensande pflegen trocken sehr locker zu sein, da das Wasser alles feine Material ausgespült hat. Infolgedessen liefern sie auch so häufig das Material zum Aufbau von Dünen. Am besten gangbar ist in der Regel der durchfeuchtete Streifen zunächst dem Wasser. Selbst Fuhrwerke können solche Strecken bei Niedrigwasser ohne Gefahr befahren, soweit nicht dort, wo Grundwasser aufquillt, Tribsandstellen, besonders in der feuchteren Jahreszeit gefährlich werden.

Jugendliche Erhärtungen von Strandsanden hat FORCHHAMMER (1) vom Nordseestrand beschrieben. In der Regel handelt es sich um Verkittung durch kohlensauen Kalk, der wohl aufgelösten Mollusken-schalen entstammt. Auch durch Eisenhydroxyd verkittete Sandpartien, vielfach reich an rezenten Bivalvenschalen mit erhaltener Färbung, sind an der Nordsee sehr häufig, gehen jedoch in der Regel wohl auf die Verrostung in den Sand geratener Eisenteile, Anker, Nägel usw. zurück und können nicht eigentlich als natürliche Bildungen betrachtet werden. Es ist äußerst bemerkenswert, auf welche weite Entfernung hin ein relativ kleines Stück Eisen beim Verrosten den umliegenden Sand zu verkitten vermag. Übrigens findet sicherlich auch auf rein natürlichem Wege Bildung mariner Sandsteine mit eisenhaltigem Bindemittel statt.

Hier mag auch die jugendliche »Riffsteinbildung« angeschlossen werden, welche L. MEYN (2a) vom Süderwatt vor Cuxhaven beschrieben hat. Es handelt sich um licht aschgrau gefärbte, weiche Mergel und grünliche Sandsteine mit der rezenten Nordseefauna. Dieser »festgewordene Theil des Watt mit seiner sandigen, tonigen und kalkigen Abteilung« —, denn es kommen auch durch einen foraminiferenhaltigen Sand verkittete Muschelbreccien vor, — zeigt in seinen sandigen Teilen Diagonalschichtung; und aus Mergelmasse bestehende cylindrische Körper im Sandstein lassen sich unschwer als die ausgefüllten Röhren der im Sande lebenden Würmer erkennen. Das Bindemittel ist wie bei den oben erwähnten verkitteten Strandsanden kalkig. Es ist sehr wohl möglich, daß dasselbe, wie PHILIPPI (191) meinte, »eine chemische Neubildung ist, die der sicher sehr erhebliche Ammoniakgehalt des Wattenschlickes hervorgerufen hat.«

Eine Bildung von Kalksandsteinen, die nach dem Meere zu einfallen, auf der »Schorre« von Daressalam hat W. KOERT (158a) geschildert; hierbei handelt es sich um die Verkittung der reineren Sande. Im schlammigen Sand dagegen kommt es zur Bildung von Konkretionen, die aus einem sehr harten, strukturlosen, einzelne Sandkörner einschließenden, dichten Kalk bestehen, den KOERT mit einem Ausdruck

indischer Geologen als »Kunkur« bezeichnet. Ob es sich bei der Erzeugung des Kalkbindemittels um eine Wiederausscheidung von durch Kohlensäure gelöstem organischen Kalk oder um eine Ausfällung von Kalk (vgl. hierüber weiter unten bei der Erörterung des Oolithproblems) handelt, müssen weitere Untersuchungen entscheiden.

Wohl nichts anderes als jugendlich verkittete Strandwälle sind die »Steinriffe«, welche J. C. BRANNER (155a, 165a) von der Nordostküste Brasiliens beschreibt. Sie bestehen aus durch kohlensauren Kalk, z. T. mit etwas Eisenverbindungen, verkittetem Sandstein, der teilweise die Härte von Quarzit erreicht, sich aber im übrigen, auch in der mit ursprünglicher Färbung erhaltenen Fauna von Molluskenschalen usw., nicht von den rezenten Strandsanden unterscheidet. Solche Sandsteinwälle, deren Schichten mit geringen Winkeln (2 bis höchstens, aber selten 20°) gegen das Meer einfallen, begleiten die Küste von Ceará bis Porto Seguro auf eine Erstreckung von 1250 (englischen) Meilen. Meist hängen sie an einem Ende, wenigstens bei Ebbe, mit dem Lande zusammen, während das freie Ende vor einer Flußmündung, einer Bucht oder einem Ästuar liegt. Es scheint sich demnach um eine Häufung von Hakenbildungen oder Nehrungen im kleinen zu handeln. Die langen, geraden Wälle sehen wie künstliche Dämme aus, was schon CH. DARWIN aufgefallen ist, der das Riff, hinter welchem der Hafen von Pernambuco liegt, sah und dessen Zusammensetzung bereits richtig erkannte (vgl. DARWIN'S Reise-Tagebuch. Herausgegeben von A. KIRCHHOFF, Bibliothek der Gesamtliteratur des In- und Auslandes Nr. 714—722. Halle a. S., Otto Hendel, p. 525, ferner CH. DARWIN in Lond. and Edinb. Phil. Mag. **19**, 1841, p. 257). Dieser Wall wird gegen die starke Brandung nicht nur durch Bewachsung mit Tang geschützt, sondern teilweise auch durch Überzüge von Serpula-Röhren und Nulliporen. Die Verkittung der Sande durch Kalk hängt z. T. wohl mit der starken Erwärmung des Wassers zusammen.

Die gröber klastischen und sandigen Sedimente der Küste werden dort, wo die Kraft der Wellen hinreichend geschwächt ist, am Strande tief in das Land reichender Buchten, hinter Sand- und Dünenzungen, sowie hinter Inselguirlagen, wie in der Nordsee, durch Schlicklager ersetzt, deren Material z. T. aus der feinsten tonigen Trübung besteht, welche vom Wasser aus dem Küstenschutt ausgespült wurde, aber nur bei großer Wasserruhe zum Absatz gelangen kann. Zum anderen Teile liefern die ins Meer fließenden Ströme eine ständige Ergänzung an feinsten Wassertrübe, welche in der im ersten Teile dieser Darstellung geschilderten Weise alsbald durch die Salze des Meerwassers niedergeschlagen wird. (Vgl. I. Teil p. 344—345 und 126 p. 37—45, ferner 26a, 45a, 275). Wie weit zwar die letzten Reste dieser Flußtrübe ins Meer hinausgelangen, zusammen mit den feinsten Abrasionsprodukten der Küsten, und inwiefern daher solches Material noch an der Sedimentation in der küstenfernen Tiefsee teilnimmt, darüber wissen wir heute

noch so gut wie garnichts. Es wäre daher auch von geologischer Seite sehr zu begrüßen, wenn ein Vorschlag von H. LOHMANN (Naturwissenschaftl. Wochenschr., 26, 1911, p. 6) zur Ausführung käme, nämlich in jeder marinen Wasserschöpfprobe nicht nur Salz- und Planktongehalt, sondern auch den Gehalt an anorganischer Suspension zu bestimmen.

Solche Beobachtungen kenne ich bisher nur wenige. A. PENCK (Morphologie der Erdoberfläche, II, p. 480. Stuttgart, J. Engelhorn 1894) berichtet nach VERVEY 1890 über den Sand- und Schlammgehalt des Seewassers an der holländischen Küste in der Nähe von Heijst. Es wurden gefunden bei ruhiger See in 1 cbm Wasser: an der Oberfläche bei Flut 109 g Sand, 1303 g Schlamm, zusammen 1412 g feste Bestandteile; an der Oberfläche bei Ebbe 304 g Sand, 1094 g Schlamm, zusammen 1398 g feste Bestandteile; 1 m über dem Grunde bei Flut 1094 g Sand, 1861 g Schlamm, zusammen 2955 g feste Bestandteile; 1 m über dem Grunde bei Ebbe 1062 g Sand, 2980 g Schlamm, zusammen 4042 g feste Bestandteile. »Man hat also hier am Meeresgrunde bei ruhiger See 3—4 kg fester Bestandteile im Kubikmeter Wasser, während bei hoher See dieser Betrag 10—15 mal größer ist. Das ist so viel wie die Sedimentführung eines Gebirgsflusses bei Hochwasser.« — Die für 1 m über dem Grunde festgestellten Zahlen lassen bei Ebbe einen höheren Gehalt des Meerwassers an suspendiertem Material erkennen. Das scheint aber nicht für das Wattenmeer, sowie Buchten und Ästuare zu gelten, die unter dem Einfluß der Gezeiten stehen, da hier das Wasser bei Ebbe im allgemeinen klarer aussieht als bei Flut. In der Tat hat HAGEN für die Jade gezeigt, daß der Schlickgehalt nahe dem Grunde  $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{3}$  größer ist als an der Oberfläche und bei einströmender Flut größer als bei Ebbe. Die Flut bringt mehr Schlamm in den Jadebusen hinein als die Ebbe entfernt; daher die Verlandung in den Winkeln (Über die Fluth- und Bodenverhältnisse des Preußischen Jadegebietes. Monatsber. d. kgl. preuß. Akad. d. Wissensch. Berlin 1856, p. 339—353). Ähnliche Beobachtungen für die Elbe verdanken wir HÜBBE. Doch könnten weitere Untersuchungen dieser Art auch im Flachwasser unseren Vorstellungen über Sedimentation nur zugute kommen. Übrigens zeigen Zahlen, welche J. MURRAY u. R. IRVINE (69a) für verschiedene küstennahe und küstenferne Meeresteile gegeben haben, daß selbst im wärmsten und salzreichsten Wasser eine wenn auch geringe Menge feiner suspendierter Materie enthalten ist. Das Minimum in ihrer Tabelle ergibt mit 0,0006 g in 14 Litern Wasser der Indische Ozean in lat. 15°46'N. und long. 58°51'O., das Maximum mit 0,0105 g in der gleichen Menge Wasser die Ostsee.

Lichtvolle Ausführungen über die Anordnung der Schlamm-Massen in den Watten unserer Nordsee verdanken wir O. KRÜMMEL (56a, 62). Danach sind es insbesondere Flut- und Ebbestrom, welche hier ablagernd, dort erodierend wirken und die Anordnung der Riffe und Platen, der Prielen, Baljen, Seegatten und Tiefs regeln (vgl. hierzu auch W. KRÜGER, 261).

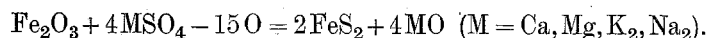


Die Schlicke der Nordsee-Watten zeichnen sich durch reichliche Beimengung organischer Reste aus. Der bekannte »Mikrogeologe« EHRENBURG fand bei Untersuchung des Nordseewattenschlickes »abgesehen von allem Organischen, das durch Umwandlung nach dem Tode unkenntlich geworden sein mag und sein muß«, noch  $\frac{1}{20}$  des Volumens aus deutlich erkennbaren Kieselschalen von Diatomeen gebildet. Nach KRÜMMELS Angabe fand PRESTEL im Hafen von Emden die in jeder Ebbezeit abgesetzte Schlickschicht fast zu  $\frac{6}{10}$  aus Diatomeen bestehend. Die daraus entstandene Marscherde zeigt große örtliche Verschiedenheiten, von dem braunen, schweren, zähen, wasserbindenden Klei bis zu dem festen, bläulichen oder roten Knick, der dem Pflug widerstrebt, aber an der Luft getrocknet zu feinem Pulver zerfällt. Die Beziehungen der einzelnen Abarten dieser Bodensorten zueinander sind u. a. in gleich noch zu zitierenden Arbeiten von F. SCHUCHT dargelegt. WESENBERG-LUND (174a) hat kürzlich die Bedeutung geschildert, welche, analog der von DARWIN beschriebenen Tätigkeit der Regenwürmer im Erdboden, aber mit anderem Enderfolg, dem »Sandwurm« (*Arenicola marina* L.) in den Sandwatten und dem »Schlickkrebs« (*Corophium grossipes* L.) in den Schlickwatten für die Um- und Durcharbeitung des Sedimentes, das sie durchfressen, zukommt. Der Sandwurm schlürft in die eine Öffnung seiner hufeisenförmigen Röhre die Nahrung ein und setzt den sandigen Kot aus der anderen Öffnung ab. Hieraus werden bei steigender Flut die feinerdigen und organischen Teile abgespült und weiter gegen das Land zu getrieben. Damit trägt der Sandwurm sehr zur Reinheit der betreffenden Sandablagerungen bei, welche bis zu 20 cm Tiefe wohl restlos durch seinen Körper gegangen sind. Der Sandwurm konserviert hierdurch die Sandnatur des Sandwatts, aus dem er die Schlickbestandteile eliminiert. Diese, weiter gegen das Land zu getrieben, bilden die sogenannten Schlickwatten, deren Material dem in ebenfalls hufeisenförmigen, aber kleineren Röhren lebenden »Schlickkrebs« als »Nahrung« dient. Die Festigkeit dieser feineren Schlicke der Schlickwatten gegenüber der Abspülung ist relativ groß; vielleicht infolge Überwachsung mit blaugrünen Algen. Z. T. beruht sie aber wohl auf der Beimengung der Exkremente und Schleimabsonderungen der zahlreichen kleinen Schnecken der Gattungen *Rissoa*, *Hydrobia* und *Littorina*, welche eine charakteristische, am Wattenstrand der Nordsee-Inseln vielfach angeschwemmte Mikrofauna bilden. Die dunkle bis tiefschwarze Färbung des Wattenschlicks ist teils den organischen Beimengungen, z. T. aber auch einem Gehalt an Schwefeleisen zuzuschreiben. Da das Material der Schlicke des norddeutschen Wattenmeeres in der Hauptsache — soweit die beigemengten marinen Organismen außer Frage bleiben — ins Meer verfrachtete Flußtrübe darstellt, ist es von Interesse, diese letztere bis in die Flüsse hinein zu verfolgen. Eine neuere Darstellung über »Das Wasser und seine Sedimente im Flutgebiete der Elbe« verdanken wir F. SCHUCHT (161). Für die aus dem

Schlick gebildeten Böden ist desselben Verf.s Darstellung über die Wesermarschen von Wichtigkeit (162). Nach SCHUCHT findet im Flutgebiet der Elbe eine fortwährende Umlagerung der Sedimente statt, und der Detritus wird ungezählte Male flußab- und flußaufwärts geführt, ehe er ins Meer gelangt. Die Nordseeküste mit ihren weiten, tiefgründigen Marschen und ausgedehnten Watten enthält das Material aufgespeichert, welches unsere nordwestdeutschen Ströme während der Alluvialzeit, auch zur Zeit der diluvialen Abschmelzperiode, dem Festlande entführt haben. Außerhalb des Wattensaumes finden sich nur noch sandige Bildungen, die teilweise mit den bereits besprochenen Strandsanden identisch sind, zum anderen Teile in die Sedimente der strandferneren See übergehen, die wir noch unter den Schelfablagerungen zu besprechen haben werden. Der Schlickabsatz im Flutgebiet der Elbe tritt fast ausschließlich an solchen Stellen ein, an welchen weder die Flut- noch die Ebbeströmung eine große ist, also in Buchten, auf hochgelegenen oder schilfbewachsenen Ufern und Watten, sowie an Stellen, wo das Wasser infolge Wirkens entgegen gerichteter Strömungen mehr oder weniger zur Ruhe kommt. Der Schlickabsatz erfolgt zur Zeit des Hochwassers, besonders während der sogenannten Stauzeit; daher sieht das Meerwasser zur Zeit der Ebbe stets klarer aus als zur Zeit der Flut. Je nach den Strömungsverhältnissen gelangen Schlicktone und Schlicksande zum Absatz, denn der Gehalt an tonhaltigen Teilen schwankt zwischen 18,8 und 79,2%. Die Sande und Schlicke im Flutgebiete der Elbe zeigen in mehr oder weniger großer Tiefe fast immer einen relativ hohen Gehalt an Einfach-Schwefeleisen ( $\text{FeS}$ )<sup>1)</sup>, der sich schon äußerlich durch die bläulich-schwarze bis graue Farbe zu erkennen gibt. Die Sande der Ufer und Inseln unterhalb Hamburgs, welche oberflächlich rein weiß erscheinen, sind oft schon in wenigen Zentimetern Tiefe durch solches  $\text{FeS}$  schwarz bis grau gefärbt. In gleicher Weise finden sich solche  $\text{FeS}$ -führenden Sedimente an den Ufern der Wesermündung und des Jadebusens, VAN BEMMELEN hat sie in den jüngsten Alluvionen der niederländischen Küste nachgewiesen. Wir haben es darin also mit weitverbreiteten Bildungen zu tun, deren Vorkommen auf das Flut- und Ebbegebiet beschränkt zu sein scheint. Bei Zutritt der Luft wird das Einfach-Schwefeleisen dieser Sedimente fast momentan oxydiert, und dieselben nehmen die gewöhnliche Farbe des Schlicks, bzw. Sandes an mit rostbraunen Flecken. Nach VAN BEMMELEN enthält der schwarze Schlick

<sup>1)</sup> Nach BR. DOSS (273c) ist es zweifellos, daß in vielen Fällen, wo von Einfach-Schwefeleisen in Schlammen die Rede ist — das gilt auch für die Mehrzahl der im Text weiterhin zu erwähnenden Fälle —, nicht wasserfreies Schwefeleisen, welches durch den Sauerstoff der Luft in kurzer Zeit nicht verändert wird, vorliegt, sondern kolloides, wasserhaltiges Schwefeleisen (Eisensulfidhydrat). Von Sedimenten, die uns hier besonders interessieren, erwähnt DOSS die schwarzen Schlamme der südrussischen Limane, des Asowschen, Schwarzen und Mittel-ländischen Meeres, der Ostseebuchten der Insel Oesel, gewisse Tone der Ufer Schottlands und den Blauschlick der heutigen Meere.

des Dollard-Busens in den noch unbedeckten Flächen ebenfalls Einfach-Schwefeleisen, welches sich bei Trockenlegung oxydiert; dieser Autor ist der Meinung, daß die Schwefeleisenbildung nur bei Zutritt salzigen Wassers erfolgen könne. SCHUCHT kommt jedoch an der Hand des gewonnenen analytischen Materials und der im Gebiete der Elbe und Weser angestellten Untersuchungen zu dem Resultat, daß das Auftreten schwefeleisenhaltiger Schlickabsätze in diesen Strömen bis in das Gebiet unvermischten Flußwassers hinein zu beobachten ist. »Man muß daher annehmen, daß der sich durch Fäulnis organischer Substanz bildende Schwefelwasserstoff die im Wasser gelösten und in dem Detritus enthaltenen Eisenverbindungen in Einfach-Schwefeleisen verwandelt und absetzt, sowohl mit den Sanden als dem Schlick, im unvermischten wie im salzigen Wasser«. Die Schwefeleisenführung dieser Sedimente hat für den Geologen noch besondere Bedeutung als Vorstufe für die Bildung von Zweifach-Schwefeleisen oder Pyrit ( $\text{FeS}_2$ ), die sich in den alternden marinen Schlickern und den Marschböden, besonders dem sogenannten Maibolt, der »sauren Erde«, einstellt. Der Pyrit ist grünlich schwarz, meist rund, manchmal deutlich kubisch. Seine Körner hängen meist gruppenweise zusammen, sie liegen in den Kieselgängen der Diatomeen, in den Höhlungen der Foraminiferenschalen, den Hohlräumen der Zellen der den Marschboden durchwachsenden Pflanzen und den Humusmassen. Die Pyritbildung geht nach der Ansicht von BEMMELENS (ich zitiere nach SCHUCHT) nach folgender Formel vor sich:



Dabei soll sich erst aus Gips und Eisenoxyd Einfach-Schwefeleisen bilden, welches später mehr Schwefel aufnimmt, der aus Schwefelwasserstoff durch die Einwirkung einer neuen Menge Eisenoxyd freigeworden ist; der Schwefelwasserstoff soll aus Alkalisulfiden entstanden sein. Nach Untersuchungen DE SENARMONTS ist es möglich, daß Einfach-Schwefeleisen aus Schwefelwasserstoff bei gewöhnlicher Temperatur Schwefel aufnimmt; nach BUNSEN kann Einfach-Schwefeleisen in alkalischen Sulfiden aufgelöst werden. Da bei Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf Eisenoxyd Schwefel entsteht, bindet sich dieser an alkalische Sulfide zu Polysulfid. Einfach-Schwefeleisen löst sich in geringer Menge in Polysulfiden, aus welcher Auflösung sich allmählich Pyrit kristallinisch abscheiden soll. Daß auch bakteriologische Vorgänge bei der Bildung der Sulfide im Schlick mitwirken, ist wohl zweifellos. Des Vergleiches halber mag übrigens mitgeteilt werden, daß »Einfachschwefeleisen« von N. ANDRUSSOW (97) auch in Diatomeen des Schwarzen Meeres, sicherer Pyrit von RHUMBLER (74a) sehr verbreitet in abgestorbenen Schalen von Foraminiferen auf schlammigem Grund, seltener in Seeigelstacheln und Schneckenschalen nachgewiesen wurde, was weiterhin für fossile Vorkommnisse, etwa die Diatomeenkieskerne, welche DEECKE aus paleocänem Tone Greifswalds bekannt gegeben hat, von Bedeutung ist.

Den schwefeleisenreichen Schlammern der Nordseewatten und der den Gezeiten ausgesetzten Mündungen der nordwestdeutschen Ströme verwandt sind die Schlammbildungen, welche sich in den Limanen Südrußlands und in seichten Buchten der Ostseeprovinzen bilden. Über beide ist eine größere Literatur erschienen, die sich an die Namen JEGUNOW (100), SIDORENKO (104, 144), DOSS (117) u. a. knüpft. Die an der südrussischen Küste von den Donaumündungen bis zum Asowschen Meere sich hinziehenden Limane sind buchtenähnliche Küstenseen, die entweder vom Meere bereits völlig abgeschnürt sind oder noch in beschränktem Zusammenhange mit demselben stehen. Sie erstrecken sich meist weit ins Innere des Landes hinein, ein sandiger Damm (Peressyp) trennt sie von dem offenen Schwarzen Meer, unterbrochen durch einen Kanal (Gir), der das Ausströmen des Flußwassers und das Einströmen des Meerwassers gestattet. Weder Fische noch sonstige höhere Tiere vermögen in dem stark salzhaltigen Wasser jener ganz vom Meere abgeschnittenen Limane zu existieren, die in manchen Sommern so weit austrocknen, daß sie seit alters her von der umwohnenden Bevölkerung zur Salzgewinnung ausgebeutet werden. Wohl aber gedeiht in diesen abflußlos gewordenen Becken eine reiche Fauna kleiner Crustaceen, Anneliden usw. Die noch im Zusammenhange mit dem Meere stehenden Limane haben einen nach der Jahreszeit und den übrigen Verhältnissen stark schwankenden Salzgehalt. Was die Entstehung der Limane anbetrifft, so kann man sie als ertrunkene Flußmündungen bezeichnen; »der faunistische Charakter dieser Meerbusen beweist, daß das Vordringen der See in die Flußthäler nach der Entstehung des Schwarzen Meeres mit seiner heutigen Tierwelt erfolgte, d. h. nachdem die Vereinigung mit dem Mittelländischen Meere stattgefunden hatte.« (Doss). Ihr Einschnitten senkrecht zur Küste unterscheidet die Limane von den andere Entstehung habenden Haffen und Lagunen. Der an den Ufern in einer Dicke von 9 cm bis zu 3 m, in der Mitte der Limane bis zu 17 m Mächtigkeit lagernde Schlamm zeigt, zu Moorbädern angewandt, anerkannte Heilwirkungen gegen Skrophulose, Rheumatismus, Hautkrankheiten u. a. Es sind wie Butter zwischen den Fingern zerreibbare, fettig anzufühlende, alkalisch reagierende Massen, welche einen bitteren, salzig adstringierenden Geschmack besitzen. Ihre Farbe ist teils schwarz, teils grau. »Dabei offenbart sich eine eigentümliche Erscheinung insofern, als der schwarze Schlamm bei Luftzutritt in grauen übergeht, und umgekehrt der graue bei Luftabschluß sich wiederum in schwarzen Schlamm zurückverwandelt. Diese Veränderungen werden im ersten Falle dadurch bewirkt, daß das im schwarzen Schlamm fein verteilte Schwefeleisen sich zu Eisenoxydhydrat umsetzt, während im zweiten Falle letzteres von neuem in Schwefeleisen übergeführt wird. Der hierzu nötige Schwefelwasserstoff entsteht — abgesehen von der Reduktion von Sulfaten durch organische Substanz — durch die Lebenstätigkeit bestimmter Mikroorganismen aus Sulfaten und schwefelhaltigen

organischen Stoffen des Schlammes« (117). Die Anwesenheit von Schwefelwasserstoff im Limanschlamme bietet aber auch die Möglichkeit für das Auftreten und Gedeihen der sogenannten Schwefelbakterien. Diese Schwefelbakterien, deren Physiologie uns hauptsächlich WINOGRADSKY (Botanische Zeitung, 45, 1887, Nr. 31—37) kennen lehrte, »besitzen die merkwürdige Eigenschaft, daß sie den Schwefelwasserstoff . . . als Nahrungsstoff aufnehmen, ihn oxydieren und den daraus abgespaltenen Schwefel in Form kleiner öligweicher Körnchen (— dieselben gehen nach Abtötung der Zellen in monoklinen und rhombischen Schwefel über —) innerhalb der lebenden Zellen aufspeichern und dann weiter zu Schwefelsäure verbrennen. Die bei diesem Oxydationsprozeß freiwerdende Energie dient den genannten Bakterien fast als alleinige Quelle für die Erhaltung des Lebens . . . Ist ihnen kein Schwefelwasserstoff mehr zugänglich, so werden zunächst die in Form von Schwefel aufgespeicherten Reservestoffe verbraucht, und nach deren völliger Oxydation innerhalb 1—2 Tagen sterben die Organismen . . . Hungers. Die beim Lebensprozeß dieser Bakterien freiwerdende Schwefelsäure muß durch Carbonate, die aus dem Schlamm bzw. Wasser zur Aufnahme gelangen, sofort neutralisiert und in Form von Sulfaten ausgeschieden werden. Fehlen diese Carbonate, so sind in einem derartigen Medium die Schwefelbakterien nicht lebensfähig. Des ferneren sind letztere von der Anwesenheit und Verfügbarkeit von freiem Sauerstoff abhängig. Deshalb finden sie sich in den betreffenden Limanen und sonstigen Salzseen in einer bestimmten Tiefe unter der Oberfläche, nämlich dort, wo der von der Atmosphäre her durch das Wasser diffundierende Sauerstoff mit dem von unten her diffundierenden Schwefelwasserstoff zusammentrifft . . . Neuerdings ist der Schlamm des Kujalnik- und Chadshibejsky-Limans bakteriologisch eingehender von L. SILBERBERG und M. WEINBERG untersucht worden, wobei es gelang, 18 Arten von Bakterien in ihm nachzuweisen und festzustellen, daß die Mitwirkung der letzteren beim Prozesse der Schlamm-Bildung eine für drei Gruppen charakteristische ist. Die erste Gruppe, welche die Reduktion des Schlammes bewirkt (Überführung des grauen in schwarzen), entbindet  $\text{SH}_2$  und  $\text{NH}_3$ . Zu dieser Gruppe gesellen sich auch Bakterien, bei deren Lebensthätigkeit nur  $\text{SH}_2$  oder nur  $\text{NH}_3$  entsteht, wobei die Ammoniak liefernden Bakterien als Hilfsgegnossen der Schwefelwasserstoff liefernden (desulfurierenden) Bakterien zu betrachten sind, da sie das für die Bildung des  $\text{FeS}$ -Hydrates nötige alkalische Medium erzeugen. Der im Überschuß ausgeschiedene  $\text{SH}_2$  gewährt sodann günstige Lebensbedingungen für die zweite Gruppe: die Schwefelbakterien, welche, wie oben erwähnt, den  $\text{SH}_2$  zu  $\text{S}$  und  $\text{SO}_3$  oxydieren und beim Zusammen-treffen mit Carbonaten Sulfate bilden, die im Verein mit organischen Substanzen als Quelle für eine wiederholte Bildung von  $\text{SH}_2$  dienen. Die dritte Gruppe endlich, die obligaten Aëroben, welche des freien Sauerstoffs benötigen, regulieren, indem sie sich nach oben heben und

auf der Wasseroberfläche ein Häutchen bilden, dadurch den sehr mäßigen Diffusionsstrom von O, der den Schwefelbakterien für die Oxydation des  $\text{SH}_2$  erforderlich ist. So haben wir hier ein Beispiel einer gewissen Symbiose: alle drei charakteristischen Bakteriengruppen müssen zusammenwirken, wenn der Limanschamm seine eigentümlichen Eigenschaften erhalten soll; daß hierzu die Anwesenheit von nur einer dieser Gruppen ungenügend ist, wurde experimentell nachgewiesen« (Doss). Über die mineralogische Zusammensetzung des Limanschlammes gibt eine Arbeit von SIDORENKO (104) Aufschluß. Hiernach besteht der Schlamm aus einem Gemisch von Ton mit verschiedenen Mineralien in wechselndem Mengenverhältnis, wozu sich noch tierische und pflanzliche Reste gesellen. Der Schwefeleisengehalt des Limansedimentes scheint sich, was leicht verständlich ist, nach dem Gehalt an Tonsubstanz, d. i. nach der Zirkulationsmöglichkeit zu richten; je sandiger das Sediment, desto weniger Schwefeleisen ist vorhanden, und desto mehr macht die schwarze Farbe des zu Heilzwecken verwendbaren Schlammes einer grauen Farbe Platz. Das Schwefeleisen tritt in Flocken, seltener in Kügelchen oder Konkretionen, in deren Innerem ein fremdes Mineralkorn enthalten ist, auf.

Ähnliche Schlammablagerungen, wie in den Limanen Südrußlands finden sich nach Doss (117) in seichten, tief ins Land eindringenden Meeresbuchten der Ostseeprovinzen; diese Buchten haben sich nur in den seltensten Fällen von der See bereits abgeschnürt, wie z. B. die durch einen schmalen Strich feuchter, niedrig gelegener Wiesen vom Meere getrennte Wiek bei Arensburg auf Oesel. Besondere Verbreitung haben diese Schlammablagerungen an der Westküste Estlands und den Küsten der demselben vorgelagerten Inseln. Der Schlamm stellt eine leichte, bewegliche und schlüpferige, schwärzliche Masse dar und ist bis 3 Fuß mächtig. Der Schlamm von Rotziküll, der bereits fast 100 Jahre als Heilschlamm benutzt wird, ist grauschwarz, sandig-breiig, weich und feinsandig anzufühlen, der Schlamm der Großen Wiek bei Arensburg schwärzlichgrau ins Grüne spielend, breiig, gallertartig zitternd, beim Trocknen außerordentlich schwindend. An der Zusammensetzung dieser Schlammarten nehmen teil: feiner Quarzsand, Ton, Schwefeleisen, sodann bräunlichschwarzgrüne organische Substanz, abgesehen von Pflanzen- und Tierresten, unter denen die Diatomeen besonders hervortreten. Das Wasser zeigt alkalische Reaktion und ist reich an Schwefelwasserstoff. Der Luft ausgesetzt verliert der frische Schlamm seine dunkle Farbe und nimmt infolge der Bildung von Eisenoxydhydrat die schmutzigrote des Ockers an.

Ich habe die Bildung und Zusammensetzung der Limanschlamme und der »heilsamen Meeresschlamm« der Ostseeprovinzen recht ausführlich mitgeteilt, da sie offenbar rezente Analoga mancher fossilen Gesteinsbildungen, die wir mit POTONIE zu den Sapropeliten zählen, darstellen, besonders aber wegen ihrer Schwefeleisenführung, die für die Erklärung

der fossilen Pyritte und -schiefer und der Kieslagerstätten von großer Bedeutung ist. Wir hatten bereits früher bemerkt, daß das zuerst entstehende Einfachschwefeleisen durch Addierung weiteren Schwefels in Zweifachschwefeleisen übergeht. Dieses Eisenbisulfid ist vermutlich nicht von vornherein Pyrit, sondern zunächst dürfte sich Eisenbisulfidgel bilden, welches dann seinerseits über den neuerdings von Doss (273 c, d) beschriebenen Melnikowit in Pyrit übergeht. Auf die ursprüngliche Gelform dürfte die Kugelgestalt, die der Pyrit, bzw. Markasit nicht nur in rezenten, sondern auch in fossilen Sedimenten vielfach zeigt — Kügelchen bis herab zu Bruchteilen von Millimetern Durchmesser (vgl. BERGEAT in Zeitschr. f. prakt. Geol., 22, 1914, p. 239) — zurückzuführen sein. Endlich mag aber noch mitgeteilt sein, daß die Ausscheidung von Eisenbisulfid im Meere auch ohne bakterielle Beihilfe dürfte vor sich gehen können (ibidem p. 247/9), was im Hinblick auf manche fossilen Vorkommnisse immerhin im Auge behalten werden mag. Im übrigen dürfte die organische Substanz ähnlicher litoraler Schlammbildungen der Vorzeit teilweise das Ursprungsmaterial dessen darstellen, was heute als Petroleum oder Erdgas aus der Erde hervorquillt. War man früher geneigt, diese Substanzen aus der Anhäufung beträchtlicher Mengen größerer Tierleichen zurückzuführen — als Beispiel von vielen erinnere ich an den durch FORCHHAMMER (1) beschriebenen Fall des Massensterbens von Süßwasserfischen durch Einbruch des Meeres in den bis dahin vom Meere abgeschnürten Ljmfjord —, so spricht neuerdings alles, was wir wissen, für viel größere Bedeutung des kleinsten, planktonischen Lebens für den Vorgang der Anhäufung organischer Öle. Indessen kommen hierbei nicht nur die bisher beschriebenen Ästuar-, Buchten- und Wattensedimente, sondern auch schlammige Deltabildungen und gewisse Abarten der Schelfsedimente und des Blauschlammes in tieferem Wasser in Betracht, mit denen wir uns aber erst später zu beschäftigen haben.

Es mag hier Gelegenheit genommen werden, noch auf Untersuchungen hinzuweisen, welche L. SUDRY (209, 210, 229, 245) auf Anregung von THOULET in der Lagune von Thau bei Cette im Golf von Lion angestellt hat, weil noch niemals eine ähnlich tiefgründige Studie über die Abhängigkeit der Sedimente eines so eng begrenzten Bezirkes von allen in Frage kommenden Faktoren unternommen worden ist, obwohl viele Gesteinsserien, für welche wir lagunäre Entstehung annehmen müssen, solche Untersuchungen rezenter Vergleichsverhältnisse geradezu fordern. Die im Maximum etwa 10 m tiefe Lagune entstand infolge Abtrennung eines alten Mittelmeergolfes durch einen sandigen Küstenhaken und steht, nachdem andere Verbindungskanäle immer mehr der Versandung anheimfallen, mit dem Mittelmeer nur noch durch die von Menschenhand jetzt fixierten Kanäle von Cette in Verbindung. Der Einfluß des Mittelmeeres wird mit der zunehmenden Entfernung von diesen Kanälen naturgemäß immer geringer. Er ist in der Tiefe und in der Nähe der Kanäle größer als an der Oberfläche, weil das mediterrane

Wasser als Unterstrom in die Lagune eintritt. Demgemäß liegen sehr verschieden salzhaltige und abweichend temperierte Wässer nahe bei und über einander, was in weitgehendem Maße seinen Einfluß auf die biologischen Verhältnisse ausübt. Die einzelnen Organismen reagieren auf solche Differenzen sehr verschieden. Bei manchen sind Größen- und Skulpturverhältnisse gegen die der mediterranen Formen stark abgewandelt, andere zeigen sich in keiner Weise verändert. Im Wasser sind die Halogene weniger stark vertreten als im normalen Mittelmeerwasser. Die Lagune ist reich an Organismen und hat guten Fischgrund für Fische und Austern. Die Sedimente der Lagune, welche im allgemeinen, nach der Mitte zu immer feiner werdend, in dem Ufer parallelen Zonen angeordnet sind, sind reicher an Phosphor als die des benachbarten Mittelmeerbodens und die Schlamme, welche den tiefsten zentralen Teil einnehmen, reich an Schwefeleisen. Es handelt sich wohl, wie in den Nordsee-Wattensedimenten und in den Limanschlammen, um Eisensulfidhydrat. »Examinée au microscope, la vase se montre imprégnée de grains noirs excessivement fins de sulfure de fer amorphe sans aucune trace de pyrite cristallisée.« Der S-Gehalt steigt bis 0,47%. In den schwefeleisenreichen dunklen Schlammen der zentralen Teile der Lagune geht eine Auflösung von toten Kalkschalen vor sich, so daß das Sediment arm an Kalk ist, obwohl lebende Kalkschalen in Fülle vorhanden sind. Diese Auflösungsvorgänge sind für den Geologen so wichtig, daß es sich verlohnen dürfte, hierbei zunächst zu verweilen; ist doch das Fehlen des Kalkes in  $\text{FeS}_2$ -führenden Sedimentgesteinen, welche, wie wir bereits sahen, aus solchen schwarzen Schlammen mit Eisensulfidhydrat hervorgehen, und beim Auftreten »verkiester«, d. h. in Kiessteinkernen auftretender Fossilien, eine vom Geologen sehr häufig beobachtete Erscheinung. SUDRY, welcher den Ursachen der Kalkarmut der schwefeleisenführenden Schlamme nachging, hat folgende Experimente angestellt: »Des coquilles fraîches (*Modiolaria marmorata*, *Synedusmya ovata*, *Cardium exiguum*, *Tapes virgineus*) ont été laissées en présence de vase noire riche en sulfures dans de l'eau de mer additionnée d'une trace de formol pour éviter le développement d'organismes. Après un an, les coquilles minces, celles de *Modiolaria* surtout, avaient presque complètement disparu: il n'en restait plus qu'une pellicule de conchyoline. Les coquilles plus épaisses s'effritaient plus ou moins facilement; les moins attaquées étaient imprégnées de sulfure de fer; les plus friables étaient devenues blanches. Quelques coquilles blanches très corrodées ont été nettoyées à l'eau distillée. On y a reconnu l'existence de sulfates, soit en les attaquant à l'acide chlorhydrique et en précipitant ensuite le sulfate dissous au moyen du chlorure de baryum, soit par la réaction pyrognostique plus sensible du soufre sur la lame d'argent. Des coquilles de même espèce, non soumises au traitement, n'ont donné aucune réaction sur la lame d'argent, la très faible quantité de soufre qu'elles renfermaient ne pouvant être révélée à grand peine que par le nitroprussiate



de soude. Les échantillons conservés sous une couche d'eau douce dans des flacons bien bouchés ont montré eux aussi, dans les vases noires riches en sulfures, une corrosion (*Tapes virgineus*) et une disparition (*Modiolaria*, *Syndesmya*) des coquilles primitivement intactes. Des coquilles appartenant aux mêmes espèces se sont, au contraire, conservées sans aucun changement dans les fonds argileux ou sableux qui ne contenaient pas de sulfures et qui étaient restés sous l'eau dans les mêmes conditions que les vases noires. Der Autor schließt aus diesen Versuchen folgendes: »Le sulfure de fer, très instable, en voie de perpétuelle décomposition et recomposition, dégage, au moment d'une oxydation partielle bientôt suivie d'une réduction qui le reforme, de l'acide sulfurique qui attaque le carbonate de chaux, corrode les coquilles et finit par les détruire. On s'explique ainsi pourquoi, dans les vases noires ou les mollusques sont généralement représentés par des espèces à test très mince, les tests d'animaux morts sont presque absents, même lorsque les coquilles vivantes ne sont pas rares, et pourquoi ces vases contiennent une plus faible proportion de calcaire.« Nun mag allerdings füglich bezweifelt werden, daß die Kalk-zerstörende Schwefelsäure auf Oxydation und fortwährende »décomposition« und »recomposition« des Schwefeleisens zurückgeführt werden muß. Durchaus wahrscheinlicher ist vielmehr, daß die Schwefelsäure ein auf dem Wege der Schwefeleisenbildung entstehendes Nebenprodukt darstellt, allerdings ein für die Andauer des Schwefelkreislaufes recht wichtiges Nebenprodukt. Eine besondere Frage ist es dann, ob diese Schwefelsäure organisch oder anorganisch entstanden ist; und hier müssen wir auf ein bereits einmal angeschnittenes Thema, das der Schwefelbakterien, zurückkommen. Nach M. JEGUNOW (zitiert bei DOSS, 273d, p. 467) verbrennt die Schwefelbakterie den für ihren Betriebsstoffwechsel notwendigen Schwefelwasserstoff schließlich zu Schwefelsäure. »Die freiwerdende Schwefelsäure muß durch Karbonate aus dem Schlamme bzw. Wasser sofort neutralisiert werden; fehlen diese Karbonate, so sind in einem derartigen Medium die Schwefelbakterien nicht lebensfähig. Die gebildeten Sulfate dienen im Verein mit organischen Substanzen als Quelle für eine wiederholte Bildung von Schwefelwasserstoff.« Im günstigen Falle reichlicher  $H_2S$ -Bildung werden sich infolge dieser Vorgänge kalkarme, an Eisensulfidhydrat (das später in Pyrit übergehen kann) reiche Sedimente bilden, in anderen Fällen können freie Carbonate übrig bleiben, wie ja auch weder die Sedimente der Limane, noch die der zentralen Teile der Lagune von Thau ganz kalkfrei sind. Dem allen gegenüber muß indessen betont werden, daß Schwefelsäure auch bei anorganischer Pyritbildung entsteht. ALLEN, CRENSHAW u. JOHNSON (zitiert bei BERGEAT, a. a. O. p. 248, Anm.) stellten unter Druck Markasit und Pyrit dar, indem sie Eisenoxysulfatlösung mit reichlichem Schwefelwasserstoff versetzten. Die Umsetzung erfolgte unter Bildung freier Säure. Hiernach muß es bei vielen fossilen Vorkommnissen zweifelhaft sein, ob die bei der Pyritbildung

entstehende Schwefelsäure, die gelegentlich sogar analytisch nachgewiesen wurde<sup>1)</sup>, organischer oder anorganischer Herkunft ist. Für die Sedimente der Lagune von Thau, auf welche wir hiermit zurückkommen, ist, da zunächst nur Schwefeleisenhydrat, nicht Pyrit vorliegt, die organische Entstehung der kalkschalenauflösenden Säure am wahrscheinlichsten. — Von den übrigen Sedimenten der Lagune mag nur noch eine benthogene Bildung Erwähnung finden, die sogenannten »cadoules«, buckelförmige Erhebungen des Lagunenbodens, welche zu Hunderten in der zentralen Schlammregion angetroffen werden und hauptsächlich durch die Anhäufung der Kalkröhren von Röhrenwürmern (*Serpula*), zusammen mit reichlich Mollusken und einer sonstigen charakteristischen Tiergenossenschaft entstanden sind.

Hier mag noch ein anderer Fall angeschlossen werden, bei welchem in unvollständig mit dem Meere verbundenen Becken infolge der Stagnation des Wassers eine durch bakterielle Fäulnis organischer Substanz entstehende Ansammlung von Schwefelwasserstoff statthat, zumal sich hieran auch noch in anderer Hinsicht ein geologisches Interesse anknüpft. An der Küste von Norwegen finden sich (218, vgl. auch MURRAY-HJORT in 280a, p. 225, 478, 479) zahlreiche natürliche Wasserbecken, welche nur durch einen schmalen und seichten, selbst bei Flut mitunter kaum einen Meter tiefen Arm mit dem offenen Meere in Verbindung stehen, sog. Poller (Sing. Poll). Die Poller sind mit einer je nach der Regenmenge verschieden mächtigen Süßwasserschicht bedeckt, welche sich bei dem Fehlen von Oberflächenströmungen mit dem spezifisch schwereren, darunter liegenden, normal gesalzenen Meerwasser nicht mischt. Diese deckende Süßwasserschicht bedingt eine allmähliche Aufspeicherung der Sonnenwärme in etwa 1—2 m Tiefe, die die Höhe von 30° und mehr erreichen kann. Darunter liegt das kältere Meerwasser, wie es bei Flut immer neu zuströmen kann. Solche Wärmeaufspeicherung findet bekanntlich in gewissen ungarischen Salzseen statt und ist, sehr wahrscheinlich zu Unrecht<sup>2)</sup>, zur Erklärung der Abscheidung der norddeutschen Zechsteinsalze herangezogen worden. Die Poller an Norwegens Küste ermöglichen aber infolge dieser Wärmespeicherung, selbst in so nördlicher Lage wie der Indreöpoll 60—70 km von Bergen, noch Austernzucht. Mit den Austern kommen auch andere ausgesprochen südlichere Tierformen hier vor, so das bekannte *Buccinum undatum*, das

<sup>1)</sup> W. SCHOTTLER berichtet z. B. im Notizblatt des Ver. f. Erdk. u. d. Großherzogl. Landesanstalt zu Darmstadt. IV. Folge, Heft 30, 1909, p. 80/81 über einen lagunären Ton des Cyrenenmergels von Wieseck im Vogelsberg: »Er zergeht beim Kochen nur sehr schwer und liefert starken SO<sub>2</sub>-Geruch. Das Wasser gibt starke H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Reaktion; denn der Gehalt an Schwefelkies, vielleicht auch Markasit in traubigen und nierigen Konkretionen und Aggregaten kleiner Kügelchen ist sehr groß. Organische Reste fehlen. Bei dem Schwefelsäuregehalt dieser Schicht ist die Erhaltung von zarten Kalkschälchen auch gar nicht möglich.«

<sup>2)</sup> Vgl. hierzu auch 270a, p. 246 und K. ANDRÉE in Petermanns Geogr. Mitt., 59, 1913, II, p. 122.

sich von den Austern nährt und großen Schaden anrichtet. Vielleicht ist auf ähnliche physikalische Verhältnisse auch manches isolierte Vorkommen von Fossilien zu erklären. »Die Poller bergen aber auch Gefahren für die Austern selbst. In dem oft völlig stagnierenden Wasser findet in den Bodenschichten durch Fäulnisbakterien eine ganz beträchtliche Anhäufung von Schwefelwasserstoff statt, welche jedes Tierleben verhindert. Im Laufe des Sommers steigen die schwefelwasserstoffführenden Schichten immer höher, bis zu 6 m Tiefe. Findet dann bei Sturmflut oder aus sonstigen Gründen ein plötzlicher Zufluß frischen, kalten Meerwassers statt, so werden die  $H_2S$ -führenden Schichten gehoben und die in 4 m Tiefe ausgelegten Austern sterben plötzlich alle ab.« Über die Sedimente dieser Poller ist mir leider bisher nichts bekannt geworden.

Besondere Bildungen entstehen auch dort, wo größere Flüsse ins Meer münden, wobei als die beiden Extreme das Ästuar und das Delta zu nennen sind. Über Sedimentbildung in Ästuaren wurde oben bereits einiges im Anschluß an die Untersuchungen SCHUCHTS über das Flutgebiet der Elbe und DOSS' und anderer über die Limane Südrußlands mitgeteilt. Die Ästuale der Flüsse würden bald von den Schlammablagerungen, die nicht nur das Flußwasser, sondern auch der Flutstrom in die Mündungstrichter hineinführen, ausgefüllt werden, wenn nicht der Ebbestrom wäre, welcher um das während der Flutzeit aufgestaute Flußwasser »wasserreicher als der Flutstrom ist und überdies die Sedimente nur bergab zu bewegen hat. Dieser hält den Trichter offen, indem er die in denselben hineingeführten Sinkstoffe in das Meer hinausführt. Hier nun, wo sich seine Geschwindigkeit verlangsamt, kommen sie als breite Bänke untermeerisch zur Ablagerung. Diese Bänke vor Ästuaren sind ebenso zu erklären wie die Gezeitenbarren vor Buchten und Straßen. Sie bestehen aus losem Materiale, welches sich bis nahe an den Niederwasserspiegel erhebt, ja denselben nicht selten als Schlammbank etwas überragt. Durchzogen werden sie von Kanälen, durch welche die Gezeiten regelmäßig in das Ästuar ein- und auszuströmen pflügen, und zwar kann man mit KRÜMMEL (56a, 62) in der Regel eine Flutrinne und eine Ebbestraße unterscheiden. Die erstere erstreckt sich von außen her in die Bank und schließt an einer Binnenbarre, während die letztere das eigentliche Flußbett fortsetzt und an einer Außenbarre endet.« Flut- und Ebberinne zeigen, ähnlich wie die Flüsse, die Tendenz, sich infolge der Erdrotation gesetzmäßig zu verschieben. »Obwohl in jedem Mündungstrichter während der Ebbe mehr Wasser ausströmt, als bei der Flut einströmt, so ist doch in der Regel die mittlere Geschwindigkeit des Flutstromes größer als die des Ebbestromes, da die Dauer der Flut in den Trichtern geringer als die der Ebbe ist. Dementsprechend bildet sich die Flutrinne stärker aus als die Ebberinne und rückt auch stärker zur Seite. Es entwickelt sich daher in den Mündungstrichtern der Flüsse der Nordhemisphäre das Bestreben, nach links zu verrücken, im Gegensatze zum Rechtsdrängen der normalen

Flüsse; es sind dies nur scheinbar Ausnahmen vom sogenannten BAERschen Gesetze. Diese Verhältnisse werden durch die Rheinmündung beleuchtet. Der nach rechts gerichtete alte Rhein ist hier ganz verschlossen und die Mündung nach links verlegt. Gleiches gilt von der Schelde, welche die junge Westerschelde als Mündungsarm benutzt, während ihr rechts gelegenes altes Bett, die Oosterschelde außer Gebrauch gesetzt wurde. Diese Verlegungen erfolgen entgegen den an der Küste herrschenden Strömungen« (A. PENCK a. a. O. p. 502, 504). Solche Barren, wie sie Flut- und Ebberinne abschließen, haben, so berichtet W. H. WHEELER, gelegentlich übersteile Böschungen nach innen und außen und behalten ihre Lage trotz ihres beweglichen Materials vor Ästuaren mit großen Fluthöhen bei. »Sie treten hauptsächlich an den Mündungstrichtern auf, welche senkrecht zum Küstenverlaufe gestellt sind (Irrawaddy-, Ganges-, Nigermündung, Mersey- und Themse-trichter), sie fehlen hingegen an jenen Mündungstrichtern, welche in allmählich sich verbreiternde Buchten auslaufen. . . . Befinden sich die Mündungstrichter an Küsten mit starker Geschiebewanderung, so wirkt natürlich auch diese an der Barrenbildung mit, wie z. B. an der Rheinmündung« (A. PENCK a. a. O. p. 502, 503). Häufig vermag eine »Strandbarre« (Strandwall) eine Flußmündung ganz zu verschließen, wie die des Adour und zahlreicher kleiner Flüsse Hinterpommerns. Auch die bereits besprochenen Steinriffe Brasiliens bewirken stellenweise einen Mündungsverschluß, und hier, sowie an der Guinea-Küste und an der Ostküste Madagaskars ist derselbe oft ein so fester, daß die Flüsse an der Innenseite des aufgeworfenen Walles wohl 100 Kilometer weit entlang fließen, bis sie einen Ausweg finden (»verschleppte Flußmündungen« PENCKs). Wo Flüsse in ruhiges, gezeitenloses Meer fließen, bleibt ein Teil der Sinkstoffe, vor allem aber das auf dem Boden fortgewälzte »Geschiebe« liegen und bildet eine Mündungsbarre, deren Gestalt erheblichen Änderungen unterliegen kann, je nach der Stoßkraft des Flußwassers und dem Verhalten des betreffenden Meeres; das ist auch bei der Mehrzahl der Flußmündungen in Binnenseen der Fall. Ist die Ausbildung von Ästuaren das Produkt einer kombinierten Tätigkeit von Fluß und Meer, so ist das Delta, dessen Bildungen wir nunmehr kurz besprechen wollen, recht eigentliches »Flußwerk« (259a). Gleichwohl dürfte in der vorliegenden Darstellung eine Betrachtung der an Meeresküsten entstehenden Deltabildungen nicht fehlen, die ja z. T. wenigstens am Meeresboden selbst vor sich gehen und für viele fossile Sedimente Vergleichsobjekte abgeben. Eine wichtige Zusammenfassung über die Deltas gab R. CREDNER (23). Das Delta ist immer ein Vorbau, und zwar ist seine Grundform, die jedoch deutlich nur in Seen und Haffen zu beobachten ist, stets eine dreieckige Spitze. »Das Meer andererseits strebt einem Zurunden und Glätten der Uferlinie zu, Wellen und Strom bemühen sich, den vom Fluß mitgeführten Schutt an dem ganzen Ufer und vor demselben zu verteilen und abzusetzen« (259a). Die zur Delta-

bildung führende Verschiebung der Flußmündungen gegen das Meer — das folgende bezieht sich entsprechend unserem Thema nur auf marine Deltas — erfolgt in verschiedener Weise. Bei Flüssen mit Mündungsbarren wird die Mündung des Flusses immer mehr mit Sedimenten umgeben und dadurch der Schauplatz der Barrenbildung immer weiter meerwärts verlegt, während zugleich der Fluß, nunmehr zwischen niedrigen Dämmen ins Meer hinausfließend, sein Bett in die früher entstandene Barre hinein verlängert. »Das ausgezeichnetste Beispiel solcher hinausgebauter Mündungsbarren zeigt der Mississippi, dessen Mündung 65 km weit in den Golf von Mexiko hinausgewachsen ist und dessen vier Mündungsarme, Passes genannt, ihrerseits noch 15 km weit von Dämmen begleitet sind« (PENCK a. a. O. p. 505). Anders bei Gezeitenflüssen; hier verschlammen im oberen Teile des Ästuars allmählich die Ufer, in den äußeren Teilen des Trichters wachsen die Bänke bis zum Flußniveau an, fallen bei Ebbe als Wattenflächen trocken, verlanden schließlich (in den Tropen besonders begünstigt durch die weiter unten noch zu besprechende Mangrove-Vegetation), bis einzelne Wasserarme zwischen niedrigen Inseln dahinfließen. Diese Wasserarme »sind zunächst noch Teile des Ästuars, allmählich schließen sich aber auch ihre Ufer zusammen, ihr Boden wird durch Schlammfall erhöht und endlich werden sie Flußarme, die also aus Gezeitenkanälen hervorgegangen sind. Unterdessen ist die Bank vor dem Ästuar weiter seewärts gewandert. Die Mündungen des Niger, des Ganges und des Irrawaddy liefern ... treffliche Beispiele.« »Flüsse, welche ihre Mündungen verschieben, verlängern ihr Bett ... Ihre Gefällskurve wird verändert. Es tritt notwendigerweise oberhalb der verschobenen Mündung eine Erhöhung des Flußbettes ein und damit die Möglichkeit der Laufverlegung. Neben seiner ins Meer hinausgebauten Mündung gewinnt der Fluß alsbald eine neue, indem er sich auf der einen oder anderen Seite derselben einen Weg zum Meere bahnt und in einer neuen Richtung Aufschüttungen bewirkt. Dies wiederholt sich so lange und so oft, bis rings um die ursprüngliche Mündungsstelle ein oben flach, unter dem Gewässer steil abfallender Schuttkegel entstanden ist. Derselbe wird Delta genannt, weil manchmal über ihm eine dauernde Teilung des Flusses in zwei Arme stattfindet, die samt der Küste ein  $\triangle$ -ähnliches Stück Land einschließen. ... Diese Gabelung ... kann fehlen oder durch vielfache Verästelungen des Flusses ersetzt sein. Auch ist das Wachstum des Deltas nicht immer so regelmäßig, ... vielmehr bleiben zwischen den einzelnen Aufschüttungen nicht selten ... Deltaseen« (a. a. O. p. 506, 507). Über das Maß des Wachstums der Deltas gibt CREDNER (23) eine große Zahl von Angaben, die aber nach seiner eigenen Meinung zum großen Teile sehr unzuverlässig sind. So gibt er von uns hier interessierenden marinen Fällen als jährliches mittleres Wachstum im Maximum 350 m (Mississippi nach DE BEAUMONT) und im Minimum 1 m (Tiber nach RECLUS) an. Doch sind gerade die Angaben über das jährliche Wachstum der »Passes«

(Pässe) des Mississippi, für welchen ein jährlicher Transport von 370 Millionen Metertonnen an Sinkstoffen angegeben wird, mit großer Vorsicht zu betrachten, da es infolge der vielfach wechselnden Verhältnisse der einzelnen Jahre keineswegs als ausgemacht gelten kann, daß selbst der von den meisten Autoren angenommene Wert von 80 m durchschnittlichen jährlichen Wachstums nicht noch zu hoch gegriffen ist. Über die Mächtigkeit der Deltas entnehme ich der Literatur folgende Angaben. Nach CREDNER sollten die Schlamm-Massen des Nils nur in einer Mächtigkeit von 10, im Maximum 15 m auf dem lockeren Meeresand, welcher den Boden der vom Nilschlamm erfüllten Meeresbucht bildet, auflagern. Indessen haben spätere Bohrungen, z. B. bei Sagasi gezeigt, daß Nilschlamm bis 38 m unter dem Meeresspiegel vorhanden ist, darunter aber noch bis über 97 m Tiefe grobe fluviatile Sande und Kiese liegen, die bei höherer Lage des Flusses abgesetzt worden sein müssen<sup>1)</sup>, worauf wir weiter unten noch einmal zurückkommen. In anscheinend noch größerer Mächtigkeit liegen fluviatile Anschwemmungen im Delta des Po, wurden dieselben doch in der Gegend von Venedig mit zwei bis 137,8, bzw. 172,5 m niedergebrachten Bohrungen nicht durchsunken. Ähnlich beträchtliche Mächtigkeiten glaubten manche Autoren für die Alluvionen des Mississippi annehmen zu sollen. Indessen haben spätere Untersuchungen ergeben, daß die Mächtigkeit des eigentlichen Mississippi-Deltas bei New-Orleans nur 9,5—16 m beträgt, »und erst am Beginne der Stromspaltungen (»had of the passes«) steigert sie sich auf 30 m, um dann entsprechend der steileren Neigung des Seebodens in schnellerem Maße zuzunehmen.« Auch das eigentliche Ganges-Delta bei Calcutta hat nur eine durchschnittliche Mächtigkeit von 18 m. Es ergibt sich also die überraschende Tatsache, daß gerade umfangreiche Deltas, wie diejenigen des Mississippi und des Ganges, unerwartet geringe Mächtigkeiten besitzen. Es knüpft sich hieran eine eminent wichtige geologische Frage; besonders von amerikanischen Autoren (BARRELL, GRABAU<sup>2)</sup> u. a.) wird nämlich (marinen) Deltabildungen eine große Bedeutung für die geologische Vergangenheit zugesprochen, und in der Tat dürften viele fossile Vorkommnisse dem einen oder anderen Teile von Delten entsprechen, wobei nicht außer Acht bleiben darf, daß ja in jedem Delta nicht nur subaërische, sondern

<sup>1)</sup> J. W. JUDD, Second report on a series of specimens of the deposits of the Nile delta. Proc. Royal Soc. of London, **61**, 1897, p. 32—40.

<sup>2)</sup> J. BARRELL, Relative geological importance of continental, littoral and marine sedimentation. Journal of Geology **14**, 1906, p. 316—356, 430—457, 524—568. — Criteria for the recognition of ancient delta deposits. Bull. of the Geol. Soc. of America, **23**, 1912, p. 377—446, 4 Fig. — The upper devonian delta of the Appalachian geosyncline. The American Journ. of Sc., **36**, 1913, p. 429—472; **37**, 1914, p. 87—109, 225—253. — AM. W. GRABAU, Early paleozoic delta deposits of North America. Bull. of the Geol. Soc. of America, **24**, 1913, p. 399—528, Taf. 12. — Vgl. auch EDG. DACQUÉ, Grundlagen und Methoden der Paläogeographie. Jena 1915, p. 197—200, 225—228, 332—335.

auch fluviatile und marine Bedingungen ein sehr komplexes Gebilde schaffen, das bei Verschiebung in horizontalem Sinne im Laufe der geologischen Zeit äußerst komplizierte Faziesprofile ergeben muß. Da es aber nur sehr selten gelingen wird, bei fossilen Ablagerungen noch die morphologische Form dessen, was wir heute als Delta bezeichnen, zu erkennen, ergibt sich hieraus die Unmöglichkeit, eine scharfe Unterscheidung von Lagunen- und Ästuarbildungen zu treffen, welchen, soweit es die Facies betrifft, ähnliche Eigenschaften, wie den Delten, zukommen können. Gehen wir aber von den relativ geringen Mächtigkeiten der heutigen großen Delten des Mississippi und des Ganges aus, so werden wir schließen, daß gerade die mächtigsten der Bildungen, welche z. B. GRABAU als fossile Deltabildungen ansieht, garnicht mit Sicherheit dem, was wir Delta nennen, entsprechen, sondern terminale Flußablagerungen auf sinkendem Grund darstellen, die vielleicht niemals ein eigentliches Delta gebildet haben, da, wie CREDNER u. a. bemerkt haben, negative Strandverschiebungen der Ausbildung von Delten entgegen arbeiten. Und wenn wir als Definition des Deltas bei GRABAU (Principles of Stratigraphy. New York 1913, p. 607) lesen: »Deltas are the terminal deposits of rivers«, so erkennen wir nunmehr, daß diese Definition viel zu weit ist und man mit dem Attribut »fossile Deltasedimente« sparsamer umgehen muß, als jene amerikanischen Autoren wollen, und wie es auch bei uns überhand zu nehmen scheint. Über die Zusammensetzung der heutigen Deltasedimente wissen wir verhältnismäßig wenig. Was die Korngröße anbetrifft, so finden sich alle Zwischenstufen zwischen den feinsten, flockigen Schlamm- und Schlickteilchen bis zu gröberen Sanden, Kiesen und Geröllen. Die mineralogische Zusammensetzung der klastischen Komponente ist sehr verschieden; daß in den Sanden Quarz überwiegt, bedarf keiner Erklärung. Die Korngröße hängt bis zu gewissem Grade von der Flußlänge ab. Die Sinkstoffe, welche der Mississippi mit sich führt, bestehen aus so winzigen Teilchen, daß sein Wasser Wochen lang stehen kann, ohne daß sich alle schwebenden Teilchen zu Boden senken. Andererseits fehlen größere Geschiebe nicht in solchen Meeres-Delten, deren zugehörige Flüsse nur eine geringe Stromlänge, aber ein beträchtliches Gefälle besitzen. Verkittung von Sand zu Kalksandsteinen wird aus dem Rhone-Delta berichtet. Feste kalkige Gesteine sollen sich auch am Boden des Adriatischen Meeres vor der Mündung des Po absetzen. »In noch ausgedehnterem Maßstabe geht die Abscheidung von Kalkcarbonat an der Südküste von Kleinasien vor sich, wo sich sowohl Travertine, wie kalkige Sandsteine und Conglomerate an den Mündungen der Flüsse bilden« (CREDNER). Es mag aber dahingestellt bleiben, ob hierfür mehr ein Kalkgehalt des Flußwassers als relativ hohe Wassertemperatur und Verwesung organischer Substanz unter Bildung von  $(\text{NH}_4) \text{HCO}_3$  als kalkfällendem Mittel von Bedeutung ist; jedenfalls erinnert die Verfestigung der Flußbarren vor den Deltaströmen der kleinasiatischen Küste sehr an bereits oben

erwähnte ähnliche Erscheinungen an den »Steinriffen« der Brasilianischen Küste. In Deltasedimenten sehr verbreitet ist pflanzliches Material, ganz abgesehen von der fein verteilten organischen Substanz, welche die meisten feinkörnigeren Deltabildungen dunkel färbt. Beträchtliche Treibholzmengen finden ihren Absatz im Delta des Mississippi. Massen von verkohlendem Treibholz enthält auch das Delta des Mackenzie-Flusses am nördlichen Eismeer. Über die fazielle Bedeutung solcher treibender Pflanzenmassen, welche nicht nur festländische Flora und Fauna, sondern auch grobe Gesteinstrümmer von ihrem Ursprungsort verschleppen, ist im I. Teil dieser Besprechung (diese Zeitschr. III, 1912, p. 341) bereits einiges gesagt worden. Durch Verlandung von Deltaseen mit autochthoner Vegetation erklärt sich das häufige Vorkommen von Torfin Delten; auf die Bedeutung dieser Erscheinung für die Bedingungen der paralischen Kohlenbecken sei nur nebenbei hingewiesen. Von tierischen Resten sind in Deltabildungen vergleichsweise häufig die Schalen und Gehäuse von Mollusken, sowohl marinen, wie brackischen und Süßwasserformen. Daneben kommen auch Landschnecken vor. Nicht selten sind auch Skelettreste von Krokodilen und Schildkröten, neben den eingespülten Knochen von Warmblütern, wie im Delta des Sambesi und des Ganges. Über den inneren Bau der marinen Delten wissen wir relativ wenig. Als einfaches Schema für den Bau von Delten überhaupt wird im allgemeinen eine Gruppierung der Schichten nach der Dreizahl angenommen<sup>1)</sup>: 1. Die Bodenschichten, die sich der Bodenform anschmiegen (»bottomset beds«), 2. die Mittelschichten, »Schütt-schichten« (G. BRAUN, 259a, p. 108) oder »Stirnabsätze« (DACQUÉ a. a. O. p. 198) (»foreset beds«), welche als »Schrägschichten« (vgl. des Verf.s »Wesen, Ursachen und Arten der Schichtung« in dieser Zeitschrift VI, 1915, p. 351—397) an der Stirn des Deltas oft mit relativ starken Neigungen aufgeschüttet werden, und endlich 3. die Deckschichten oder Oberlagen (»topset beds«), die an ihrer Basis annähernd horizontal, mit ihrer Oberfläche etwas meerwärts einfallend darüberliegen. Die beiden ersteren sind submarinen Ursprungs; ein Teil der Deckschichten ist subaërische oder wenigstens kontinentale Bildung. Dieses Schema, welches gleichzeitig ein ausgezeichnetes Beispiel für die Entstehung von »Diagonalschichtung« ist, ist aber eigentlich nur in Seedelten verwirklicht, wo in der Tat Neigungen der aus Kiesen bestehenden Schrägschichten der »Stirnabsätze« von 35° beobachtet worden sind (im Durchschnitt etwa 20—30°). In marinen Delten mit ihren in der Regel viel feinkörnigeren Ablagerungen kommen solche Neigungen jedoch so gut wie gar nicht vor; hier geht der Absatz vielmehr in annähernd horizontalen Schichten vor sich, ganz im Gegensatz zu dem, was manche Autoren als »Delta-Schichtung« bezeichnen (ein Ausdruck, welcher besser durch »Flußschichtung« zu ersetzen wäre). Inner-

<sup>1)</sup> CHAMBERLIN et SALISBURY, Geology. Vol. I, p. 191. (Zit. nach BARRELL, 1906, p. 340).



halb mancher Deltas ist die Entwicklung von Gasen aus den den Schlamm-massen beigemengten, sich zersetzenden organischen Substanzen zu beobachten. Brennbare Kohlenwasserstoffgase sollen nach CREDNER aus Bohrungen im Po-Delta aufgestiegen sein; am äußeren Rande des Niger-Deltas soll sich Schwefelwasserstoff aus den Deltaablagerungen entwickeln, offenbar infolge der Wechselwirkung der sich zersetzenden organischen Substanzen mit gelösten Sulfaten. Am auffälligsten ist aber wohl die Gasentwicklung im Delta des Mississippi. Nach den älteren Mitteilungen von E. W. HILGARD (15a) entstammen die Gase der untersten Schicht der eigentlichen Deltasedimente, 11—19 m unter Tage. Ja, man glaubte anfänglich, die aus den Versuchsbohrungen bei New Orleans so reichlich aufdringenden Gase, deren Zusammensetzung J. B. KNIGHT zu 91,81% CH<sub>4</sub>, 2,97% CO<sub>2</sub>, 5,32% N und einer Spur »Kohlenwasserstoff« ermittelte, zu Beleuchtungszwecken verwenden zu können. Besonders reichlich findet die Entbindung von Gasen aus dem Schlamm innerhalb und in der Umgebung der sog. »mudlumps« statt, Gebilden, die für das Mississippi-Delta charakteristisch sind. Als Zusammensetzung des Gases aus dem Ostkrater von Marindins Lump vor dem Passe à l'Outre gibt HILGARD an 86,20% CH<sub>4</sub>, 9,41% CO<sub>2</sub>, 4,39 N. Eine neuere Analyse der mud-lump-Gase von E. W. SHAW ergab auch noch das Vorhandensein von O, dessen Beteiligung HILGARD ausdrücklich leugnet. E. W. SHAW (298c) befaßte sich auf Grund neuerlicher Untersuchungen speziell mit diesen mud lumps und versucht eine Erklärung derselben, die im Gegensatz zu der älteren und naheliegendsten Annahme steht, daß es sich um Bodenaufreibungen nach Art der Schlammvulkane handelt. Die »mud-lumps« genannten Inselchen sind Aufwölbungen des Schlamm-bodens meist innerhalb der vor den »Passes« bis wenige Meter unter Wasser aufragenden Mündungsbarren. Sie sind auffallenderweise am zahlreichsten auf der rechten Seite der Mündungen, wofür m. W. bisher eine Erklärung nicht gegeben worden ist; wahrscheinlich handelt es sich um eine Wirkung der Strömung, da das ausströmende leichte Flußwasser, von der Erdrotation erfaßt, den Weg nach Westen, d. h. nach rechts einschlagen muß (187, Bd. II, p. 558) und hierdurch jedenfalls die Bildung der Sedimente der Mündungsbarre unsymmetrisch beeinflußt werden dürfte. Westsetzender Strom ist in der Tat in diesen Gegenden durch die Stromversetzungen erwiesen. Die mud lumps erheben sich mit ihrer abgestumpft kegelförmigen Spitze, die vielfach einen »Kratersee« beherbergt, 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>—3 m, seltener mehr über die Wasseroberfläche und zeigen, soweit sie einander benachbart liegen, eine auffällige Gipfelhöhenkonstanz. Ihre Entstehung geht oft in wenigen Tagen vor sich, andere bedürfen Jahre hierzu. Auch relativ rasches Versinken kommt vor; sonst fallen die Gebilde in der Regel in wenigen Jahren den Wellen zum Opfer. Entstehung und Tätigkeit der mud lumps sind besonders aktiv während und unmittelbar in der Folge hohen Wasserstandes. Ihr Zentrum besteht aus dunkelblaugrauem Ton und wird von aufgerichteten

Schichten von Sand und »silt« (0,05—0,005 mm Korngröße) umgeben, die im allgemeinen umlaufendes Streichen und 20—45° Neigung zeigen, so daß SHAW von einer Bysmalith-ähnlichen Struktur sprechen konnte. Zahlreiche Spalten durchziehen die Oberfläche. An diese Spalten sind die »mud springs« gebunden, welche Salz- und Schlammwasser neben Sumpfgas fördern<sup>1)</sup>. Das Vorkommen dieser Schlammvulkane auf den Gipfeln der mud lumps legte nun die von R. CREDNER und vielen anderen gehegte Vermutung nahe, daß das Aufdringen des Sumpfgases allein die Ursache der mud lump-Bildung überhaupt sei; dabei mochte man annehmen, daß dieselbe entweder durch eine kontinuierliche Entgasung des Schlammes sich allmählich nach Art der gewöhnlichen Schlammvulkane in Erdöl-, bzw. Erdgasgebieten aufbauen oder daß größere Ansammlungen solchen Gases unter einer relativ undurchlässigen Decke neuen Sediments diese allmählich zu einer Blase emportreiben, bis letztere zerreißt und die Gase entweichen können; in diesem Falle würde es sich um ein vollständiges Analogon zu der Inselneubildung im Ögelsee in der Provinz Brandenburg handeln, die H. POTONÉ 1911 beschrieben hat. Nach SHAW würde indessen das Aufdringen der Gase auf den Rissen der mud lumps nicht die Ursache der Aufwölbung derselben, sondern nur eine Begleiterscheinung dieser Aufwölbung darstellen, und zwar führt er folgende Gründe hierfür an: 1. Die Aufwölbung der mud lumps geht nicht explosionsartig vor sich. 2. Zahlreiche Bohrungen haben die Basis der Tone der mud lumps erreicht, ohne große Gasmengen anzutreffen. 3. Die mud lumps sind stets mit den Mündungen der »passes« verknüpft, was besonders zu erklären wäre, falls Gase die Hauptrolle spielten. 4. Die leicht beweglichen Tonlagen sind in den mud lumps verdickt, nicht verdünnt. 5. Die entweichende Gasmenge ist relativ gering. 6. Die gleichmäßige Höhe der mud lumps scheint einem Druckgleichgewicht zu entsprechen, was bei Entstehung durch Gasaufpressung schwer verständlich wäre. Man muß SHAW recht geben, daß die ältere Anschauung nicht alle Eigentümlichkeiten der mud lumps erklärte; wenn der Autor demgegenüber jedoch vermutet, »that the mud lumps are produced by a gentle seaward flow of layers of semifluid clay under the land and the shallow water near the ends of the passes, where this flow is opposed by the comparatively resistant parts of the foreset beds. The tendency to flow is assumed to be due to pressure developed by constant additions of sediment. Between the passes, where the material is clayey and very yielding, this flow may reasonably take place without much upward buckling anywhere, but near the ends of the passes, where wave and current action sort the sediment and carry away some of the fine particles, leaving the more resistant material, the material is more sandy and resistant«, so vermag man dieser vom Autor selbst als vorläufig bezeichneten Hypothese deshalb nur wenig Zutrauen entgegen-

<sup>1)</sup> E. W. SHAW, Gas from mud lumps at the mouths of the Mississippi. U. S. Geol. Survey Bull. 541 A, 1913, p. 12—15.

zubringen, da ein derartiges Fließen eine immerhin »flüssige« Beschaffenheit der Masse voraussetzen ließe, die ein Aufstauen bis mehrere Meter über den Wasserspiegel nicht zulassen würde, zumal in dem so absolut niedrig gelegenen Gebiet der hierzu nötige hydrostatische Druck fehlen würde. Und so gelangen wir dazu, zu der alten Anschauung von **LYELL** und **HILGARD** zurückzukehren, wonach es sich um den bestimmt lokalisierten Ausgleich eines Druckes handelt, der von den höheren Sedimentlagen auf die tieferen Lagen ausgeübt wird, aber ohne spontanes Schlammfließen über größere Regionen; wenn **SHAW** hiergegen anführt, daß die tieferen Lagen keineswegs plastischer seien, als die höheren, sondern ebenso aus abwechselnden Schichten verschiedener Korngröße beständen, so wendet er sich eigentlich gegen seine eigene Hypothese, die ja ein Fließen von Schlamm in noch viel größerem Maßstabe annimmt. Wie aber die Aufstauung des Haffmergels unter dem Druck der Wanderdüne auf der Kurischen Nehrung auch nur auf lokalen Druck zurückgeht, so glauben wir auch für die mud lumps eine der **HILGARD**schen näherstehende Anschauung vorziehen zu sollen. Daß dichtgepackte Sandschichten für Gase relativ undurchlässig sind, haben Versuche von **POTONÉ** gezeigt; und es ist sehr leicht verständlich, daß dort, wo kuppelförmige Aufpressungen des Schlammuntergrundes überhaupt erst einmal stattfanden, sich nicht nur die plastischeren Materialien verdicken müssen, sondern sich auch die im Schlamm sich entwickelnden Gase besonders ansammeln werden, deren Vorkommen ja überall in der Erdrinde an die Antiklinalen gebunden ist. Das Nachdringen des plastischen Schlammes erklärt aber einmal die größere Mächtigkeit desselben an Stelle der mud lumps, zum anderen bedingt es die Stabilität derselben, soweit solcher Schlamm an Stelle entwichener Gase getreten ist; die Anreicherung der Gase aber dürfte das Gewicht einmal aufgewölbter Partien erleichtern und so, wenn auch indirekt, zur Verstärkung der Aufwölbung beitragen, wie das schon **LYELL** annahm. Möglicherweise findet aber vor den Mündungen der »passes« eine verstärkte Gasbildung im Schlamm statt, weil hier infolge der Vermischung von Süß- und Meerwasser besonders viel planktonisches Leben absterben dürfte und zudem sich auf den Mündungsbarren besonders viele, bald in Zersetzung geratene pflanzliche Substanzen, Zweige, Blätter, Früchte usw. anhäufen. Wenn aber die Anschauung **HILGARD**s, daß stärkere Tiefenerosion des Flußwassers für die lokalisierte Aufhebung des Drucks der überlagernden Sedimente (und nachträgliche Aufwölbung) verantwortlich zu machen sei, nicht auf alle mud lumps, wie **SHAW** bemerkt hat, zutrifft, so spricht doch auch die erhöhte Tätigkeit derselben während und nach Hochwasser für die Wirksamkeit des Druckes von oben. Ob hierbei als Druckerzeuger die Mündungsbarre selbst oder ob auch anderseits Entlastungen durch Abrutschen übersteil sedimentierter Schlammböschungen eine Rolle spielen, das muß vollkommen dahingestellt bleiben, und es ergibt sich hieraus, daß die mud lumps des Mississippi-Deltas ein wahrscheinlich sehr kompliziert bedingtes Phänomen dar-

stellen, dessen volles Verständnis erst die Zukunft bringen mag. Vermutlich ist weder HILGARDS noch SHAWs noch CREDNERS (um nur einen Vertreter anzuführen) Anschauung richtig, sondern eine Kombination aller dreier Hypothesen wird den Tatsachen zurzeit noch am ehesten gerecht. — Wenngleich es von den hier besonders in Behandlung stehenden Problemen weiter abführt, mag doch zur Vervollständigung der Darstellung über die Deltas kurz hinzugefügt sein, welche Bedingungen als wesentlich für die Entstehung derselben zu gelten haben. CREDNER kam in seiner oft zitierten Monographie zu dem Resultat, »daß der Sedimentführung der Flüsse, der Stromgeschwindigkeit der letzteren, den Tiefenverhältnissen vor den Flußmündungen, der mechanischen Tätigkeit des Meeres in ihrem Einflusse auf die Deltabildung eine nur lokale Bedeutung beigemessen werden kann, daß es hingegen säculare Hebungen der Festlandsküsten und die Erniedrigung des Wasserstandes von Binnenseen sind, unter deren Einfluß die Anschwemmungen der Flüsse trotz sonst vorhandener ungünstiger Verhältnisse zu Deltas über den Wasserspiegel hervortreten, während im Gegentheile Senkungen der Meeresküsten und Erhöhung des Wasserspiegels in Binnenseen die Bildung von Deltas an ausgedehnten Küstenstrichen der Festländer und an den Gestaden mancher Binnenseen verhindern und früher an denselben entstandene Deltas unter den Fluthen wieder verschwinden lassen«. Indessen wäre es unrichtig, nunmehr jedes Delta auf eine negative Strandverschiebung zurückzuführen; denn, wie SUPAN<sup>1)</sup> bemerkt hat, sind gewisse typische Hebungsgebiete, wie die pazifische Küste der neuen Welt oder das Mündungsgebiet des Amurs frei von Deltas. Ferner haben Bohrungen im Nildelta<sup>2)</sup> von etwa 38 m bis über 100 m Tiefe unter dem Meeresspiegel Lagen grober Sande und Kiese angetroffen, zu deren Bildung eine 30 bis 90 m höhere Lage des Landes erforderlich scheint, so daß die Bildung der jetzigen Deltaablagerungen mit einer positiven Strandverschiebung begonnen hätte. Anderseits ist das Auftreten von »Baumstämmen in ungestörter Stellung« und von Torflagern nur mit Vorsicht für ähnliche Schlüsse zu verwerten, denn erstere könnten sehr wohl allochthon verfrachtet und in jener Stellung sedimentiert sein, Torflager erfahren aber bekanntlich bei Bedeckung mit jüngerem Sediment Zusammenpressungen; zudem müssen auch die Schlammablagerungen der Deltas selbst erheblich in sich zusammensinken, da ihr Wassergehalt mit der Zeit ausgepreßt wird<sup>3)</sup>; es müßten solche Torflagen also immerhin in recht erheblichen Tiefen gefunden werden, wenn sie für eine positive Strandverschiebung

<sup>1)</sup> AL. SUPAN, Grundzüge der physischen Erdkunde. 3. Aufl., Leipzig 1903, p. 501.

<sup>2)</sup> J. W. JUDD, a. a. O.

<sup>3)</sup> Wenn A. PENCK (a. a. O. p. 509) schreibt: »Schlammteilchen mit einem spezifischen Gewicht von 2,4 bilden Lager festen Lehm mit einem spezifischen Gewicht von 1,9, welche also beim Zusammensitzen  $\frac{1}{5}$  ihrer Mächtigkeit verlieren können«, so ist dieser Betrag, wenn wir, wie PENCK, den Wassergehalt

beweiskräftig sein sollen. Nach alledem wird es für die einzelnen Deltas besonderer Untersuchungen bedürfen, um die Bedeutung der verschiedenen fördernden und hemmenden Faktoren klarzustellen<sup>1)</sup>. Daß positive Strandverschiebungen die Mächtigkeiten sich bildender Deltas günstig beeinflussen müssen, mag immerhin im Hinblick auf früher Gesagtes hervorgehoben sein; aber es wird in jedem einzelnen Falle von dem Verhältnis des Senkungsbetrages zur Mächtigkeit der Deltaaufschüttung abhängen, ob das Delta ein unterseeisches bleibt oder sich bis über den Meeresspiegel aufbaut. Auf alle Fälle dürfte die zwifache Fazies der Flußmündungen, von der wir ausgegangen sind, und die schon CREDNER unterscheidet, das Ästuar und das Delta (einschließlich der unterseeischen Deltas) scharf auseinander gehalten werden müssen.

Unübertreffliche Schlickfänger, besonders auch in Flußmündungen, sind die Mangrove-Dickichte tropischer Küsten. Über die Biologie dieses Strand- oder Flutgehölzes aus Sträuchern und niederen Bäumen, die durch reiche Ausbildung von Stelzwurzeln etwas strauchartig werden, entnehme ich einer neueren Darstellung von E. RÜBEL (»Ökologische Pflanzengeographie« in Handwörterbuch der Naturwissenschaften, 4, 1913, p. 870/871) folgendes: »Die Stelzwurzeln dienen zur Befestigung in dem losen Schlamm, indem dieses Gehölz nur bei Ebbe ganz aus dem Wasser auftaucht, bei Flut erheben sich nur die Kronen über die Wasserlinie. Das salzige Meerwasser macht den Standort physiologisch trocken, daher zeigen diese Gewächse auch xerophytische Anpassungen. Dem Sauerstoffmangel im Schlamm Boden entsprechen die Pneumatophoren, vertikal emporgerichtete, spargelartige Gebilde, die in die Luft hinausragen. Die Sicherung der Keimung an dem ungünstigen Standort ist eine ganz eigenartige. Bei *Rhizophora* z. B. ist hochgradige Viviparie ausgebildet. Aus der nußgroßen Frucht wächst bei der Reife ohne Ruheperiode der Keimling heraus, bei *Rhizophora* bis zu 60 cm, bevor er abfällt. Dieser schwere Keimling bohrt sich beim Abfallen in den Schlamm und wächst sehr rasch an. Diesen schwierigen Bedingungen sind nur wenige Arten gewachsen, wir zählen deren nur 26 (4 aus dem Westen, 22 aus dem Osten). Die Assoziation der amerikanischen Mangrove besteht aus *Rhizophora Mangle*, der Combretacee *Laguncularia racemosa* und den Verbenaceen *Avicennia tomentosa* und *A. nitida*. Am weitesten ins Wasser dringt *Rhizophora Mangle* ein, bildet also den Pionier der Gesellschaft. Die Assoziation besiedelt die tropischen Schlammstrände und dringt an der Küste nordwärts bis Süd-Florida (27—28° n. B.) vor. Die viel reichere östliche Mangrove, die man als

---

außer Acht lassen, und soweit unsere Fragestellung in Betracht kommt, entschieden zu hoch gegriffen, da Volumenverringerung des entstehenden Gesteins bis auf das spezifische Gewicht der Komponenten nicht mehr im eigentlichen Delta vor sich gehen dürfte.

<sup>1)</sup> Äußerungen von J. THOULET (290) haben in keiner Weise Neues zur Klärung beigebracht.

*Rhizophoretum mucronatae* bezeichnen kann, hat ihr Zentrum in Hinterindien und dem malayischen Archipel, die letzten verarmten Ausläufer reichen bis Süd-Japan (*Rhizophora mucronata* bei 32° n. B.), *Avicennia officinalis* bis Neuseeland, wo sie zum niedrigen Strauch geworden ist. Neben den genannten Arten kann auch *Sonneratia acida* zum Dominieren kommen, an anderen Stellen die graue *Avicennia officinalis* var. *alba*.« Der südlichste Punkt, wo Mangrove gefunden wird, ist wohl die Chatam-Insel (44° s. B.) östlich von Neu-Seeland. Anschauliche Schilderungen, in welcher Weise die Mangrove zum Festhalten von Sediment und zur Neubildung von Land befähigt ist, verdanken wir L. AGASSIZ in seinem großen Bericht über die Florida-Riffe (vgl. auch AL. AGASSIZ, Three Cruises of the United States Coast and Geodetic Survey Steamer »Blake«. . . . Vol. I, 1888, p. 53), eine kürzere Mitteilung und ausgezeichnete Abbildungen, die auch die Entwicklung der Pflanzen von Jugend auf darstellen, TH. W. VAUGHAN (255). »The fruit of the mangrove (*Rhizophora mangle* Linn.) is an elongate body, from six inches to a foot long, about half an inch thick, with a pointed distal, and an enlarged and heavy proximal end, the calyx still adhering to the latter. These cigarshaped bodies drop into the water and are carried hither and thither by the waves and currents, to settle on any soft bottom where the water at low tide does not exceed about one foot in depth. They sprout and quickly take root« (VAUGHAN). »Upon the flats which have reached the surface of the sea the young mangrove plants drift in immense quantities . . . , they float vertically, and when once stranded soon work their way into the soft mud of the flats, and take root, sending out shoots in all directions. The new stem rises rapidly, sending down new shoots to the ground from higher points, forming thus an arch of roots from which spread the branches of the mangrove trees. Around such a nucleus additional sand and mud soon collect, and gradually build up extensive islands, covered with a thick tangle of mangroves and other plants« (A. AGASSIZ)<sup>1)</sup>. E. WERTH, der sich besonders mit der östlichen Mangrove beschäftigt hat, bemerkt übrigens, daß die Stelzwurzeln keine absolute Vorbedingung für Mangrove sind; »sie kommen nur den Rhizophoraceen zu, fehlen aber den Mitgliedern aus anderen in der Mangrove vertretenen Pflanzenfamilien. In der ostafrikanischen Mangrove ist *Sonneratia caseolaris* der stattlichste Baum, welcher auch bis in das tiefere Wasser, fast so weit wie *Rhizophora mucronata*, vordringt. Er besitzt ebenso wenig Stelzwurzeln, wie *Avicennia officinalis*, einer der häufigsten Mangroveebäume, der dadurch besonders wichtig ist, daß er die Formation allein weit über die Grenzen der Tropen hinaus ausdehnt; er kommt nordwärts bis zum Sinai vor, und im Süden beobachtete ich ihn noch in der Gegend von Sydney (Australien) in 34° südlicher Breite« (Zeitschr. deutsch. geol. Ges., 63, 1911, Monatsber.

<sup>1)</sup> Über Inselneubildung durch Mangrove berichtet nach Beobachtungen auf Haiti auch D. F. WEINLAND. Neues Jahrb. für Mineralogie usw., 1860, p. 213.

p. 382). Im übrigen darf die uns hier interessierende Wirkung der Mangrovevegetationen auch nicht überschätzt werden. Wo Wind, Wellen und Brandung zu heftig sind, vermag auch die Mangrove keinen Landgewinn zu erzeugen, ihr grünes Band säumt vielmehr besonders die geschützteren Buchten und Lagunen ein und zieht sich in die Krieks einmündender Flüsse hinein, soweit in denselben durch die eindringende Flut eine dauernde Vermischung mit Salzwasser gewährleistet ist. H. GEHNE, der kürzlich die Mangroveküste Kameruns bereiste, betrachtet die Mangrove weniger als Schlammfänger denn als Schlammbefestiger, ja an vielen Stellen »ist die Anschwemmung selbst bereits erheblich der Mangrovebewachsung vorausgeeilt« (Verhandl. 19. Deutsch. Geogr. Tages Straßburg i. Els. 1914, Berlin 1915, p. 50—52). Der Schlamm, den die Mangrove festhält, bzw. befestigt, ist je nach der Herkunft verschieden. Weicher heller Riffdetritus ist das Substrat, in dem die Mangrove von Florida gedeiht, welche die Keys vergrößert und neue bildet. Schwarzer stinkender Schlamm erfüllt die Krieks der Kamerunküste, in denen GEHNE Mangrove wachsen sah. Aber, wo Flüsse aus festländischen Lateritgebieten, wie der Tocantins an der Küste von Brasilien, dicke rötlich gelbe Lehmwolken seewärts hinauswälzen, fand KRÜMMEL (187) auch den Schlick zwischen den Mangrovewurzeln heller gefärbt.

Wie leicht verständlich, ist überhaupt die Art der litoralen Schlamm-sedimente abhängig von der Art des aufbereiteten Materiales. WALTHER sah im Schutze der Korallenriffe des Roten Meeres stellenweise einen zähen gelblichgrauen Tonbrei Strand und Buchten erfüllen. Ein feiner weicher Kalkbrei erfüllt wohl die Lagunen der Korallenriffe der Südsee. »Im Hafen von Tongatabu ist er bläulich, tonig, auf den Malediven, Keeling Atoll, Marshallinseln und Bermudas ist es Sand und weicher Ton. Auf Keeling Atoll besteht die Hälfte der Lagunenfläche aus Korallen, die andere Hälfte aus Schlamm; so lange das Sediment naß war, erschien es kalkig, nach dem Trocknen aber sandig. Große weiße Bänke von sandigem Schlamm kommen an der Südostküste der Lagune vor und bieten eine dicke Vegetation von Seegras den darauf weidenden Schildkröten dar. Der Schlamm war durch humose Beimengungen mißfarbig, löste sich aber in Säuren ganz auf. Der Lagunenschlamm der Bermudas wurde von erfahrenen Geologen für Schreibkreide gehalten. Auf den Marschallinseln fand CHAMISSE in den Lagunen große Flächen von Kalkschlamm; . . . auf Enderbury war der Lagunenschlamm so zähe, daß der Fuß 30—40 cm tief einsank, und nur sehr schwer wieder herausgezogen werden konnte. Nach den Berichten des Challenger ist der Korallenschlamm meist so zähe, daß nur selten der Schiffsanker darin schleppt« (J. WALTHER, »Einleitung . . .« p. 929).

Während die bisher besprochenen Strandablagerungen in der Hauptsache Sedimente klastischer Natur aus allochthonen Komponenten waren, sind nunmehr einige besonders für den Geologen wichtige Ablagerungen zu behandeln, deren Komponenten im wesentlichen

autochthon sind. Vor allem die Korallenriffe und verwandten, hauptsächlich aus benthonischen Organismen aufgebauten Bildungen. Eine ungeheure, in geographischen, geologischen und biologischen Zeitschriften und Werken zerstreute Literatur beschäftigt sich mit diesen in vieler Hinsicht so wichtigen Bauten, und es ist absolut ausgeschlossen, im Rahmen der vorliegenden Darstellung ein nach allen Seiten abgerundetes Bild von denselben zu geben. Das Folgende wird daher einmal hauptsächlich nur auf die neuere Literatur eingehen, zum anderen aber auch nur soweit, als es dem Verfasser im Hinblick auf den paläogeographischen Endzweck dieser Arbeit und den geologischen Leserkreis dieser Zeitschrift zweckmäßig erschien.

Einen Markstein in der Geschichte von der Lehre über die Korallenriffe bildet CH. DARWINS bekannte Schrift: »On the Structure and Distribution of Coral Reefs« (London 1839, 2. Aufl., 1874, 3. Aufl. [von JUDD] 1890). Die hierin aufgestellte Hypothese von der Beziehung der Riffverbreitung zu Senkungsgebieten hat vielfache Gegnerschaft, auch von bedeutenden Forschern, erfahren; doch haben neuere Untersuchungen mit Sicherheit doch so viel ergeben, daß DARWINS Anschauung für viele Fälle zu Recht besteht. Zur Auffindung der weiteren Literatur mag es zweckmäßig sein, zwei wesentlich geschichtliche Darstellungen anzuführen, die L. BÖTTGER (61 a) und SIEGMUND GÜNTHER (240) zu Verfassern haben. Letzterer beschäftigt sich im besonderen mit der wissenschaftlichen Korallenriff-Forschung in der Zeit vor DARWIN. Mehrere sehr literatur- und sachkundige Darstellungen verdanken wir R. LANGENBECK (63, 102, 188). Dieselben sind im folgenden vielfach benutzt. Die Lebensgemeinschaft der Korallenriffe besteht aus einer sehr bunten Pflanzen- und Tiergesellschaft, und die Sache liegt nach dem heutigen Stande der Kenntnis so, daß hierbei die Korallen keineswegs immer an Menge soweit überragen, daß man nicht manchmal mit gewisser Berechtigung einen anderen Organismus — und da sind es besonders die Lithothamnien unter den Kalkalgen — als eigentlichen Gesteinsbildner ansprechen könnte. Die geologische Literatur, insbesondere der Alpen, ist bekanntlich voll von dem Streit über die Entstehung der »Dolomitriffe« der Südalpen, ob dieselben von Kalkalgen oder von Korallen aufgebaut seien. Ein ähnlicher Streit zieht sich auch durch die Literatur über die rezenten Korallenriffe bis in die neueste Zeit hindurch (277), und die Wagschale scheint sich immer mehr zugunsten der Kalkalgen zu neigen, was deren Beteiligung der Menge nach am Aufbau mancher (nicht aller) Riffe anbetrifft. Gleichwohl wäre es m. E. verfehlt, solche Riffe nun nicht Korallen-, sondern Kalkalgenriffe zu nennen, denn immer sind es doch die Korallen, welche den Riffen infolge ihrer biologischen Verhältnisse ihren Charakter verleihen und deren Wachstum und Form bedingen. Das ist auch die Ansicht von R. LANGENBECK (188).

(Fortsetzung folgt.)