

ZUR FRAGE DER ABSATZBEDINGUNGEN DER RADIOLARITE

Von HANS PETER CORNELIUS †, *Wien*

Unter Radiolarien[†] versteht man rein oder doch vorwiegend kieselige Schichtgesteine, die an organischen Resten meist ausschließlich Radiolariengehäuse erkennen lassen. In günstigen Fällen läßt sich durch geeignete Präparationsverfahren zeigen, daß sie ganz aus solchen in dichter Packung aufgebaut sind (A. SCHWARZ 1928). Im Dünnschliff sieht man die Radiolarien gewöhnlich nur einzeln in einer sehr feinkörnigen Kieselmasse schwim-

men; zu allermeist in schlechtem Erhaltungszustand, oft nur noch als pigmentfreie, kreisförmige Flecken kenntlich.

Anschliffbilder lassen mitunter dasselbe erkennen (GRUNAU 1947, S. 20); gewöhnlich freilich sieht man die Radiolarien nur einzeln in einer sehr feinkörnigen Kieselmasse schwimmen, wie schon gesagt, meist in schlechtem Erhaltungszustande. Die Tatsache jedoch, daß man oft in demselben Schliiff alle Übergänge sieht von gut erhaltenen Radiolarien bis zu kaum erkennbaren schattenhaften Gebilden, zeigt, daß wir berechtigt sind, den Radiolarit als *organogenes* Gestein anzusprechen und anzunehmen, daß auch in der von organischen Strukturen freien Zwischenmasse unkenntlich gewordene Radiolariengehäuse stecken mögen (GRUNAU 1947). Damit erledigen sich die Hypothesen, welche unseren Gesteinen eine anorganische Entstehungsweise zuschreiben wollten.

Radiolarite dieser Art gibt es besonders im mittleren und oberen Jura so ziemlich durch die ganze Ausdehnung der alpidischen geosynklinalen Ketten; z. T. mögen sie auch in die Kreide hinaufreichen. Im Cenoman der Simmen-Decke — W.-Schweiz — wurden sie kürzlich festgestellt. Alttertiär sind die — noch nicht diagenetisch verfestigten — Radiolarienerden von Barbados (Kleine Antillen). Doch gibt es auch schon triadische Radiolarite, z. B. in der Schiefer-Hornstein-Formation der Dinariden (PILGER 1939); auch jene der Danau-Formation Borneos scheinen in die Trias zu gehören (DIENER 1925, WICHMANN 1925). Die *paläozoischen* Radiolarite gehen zumeist unter der Bezeichnung *Lydit* bzw. *Kieselschiefer*. Sie sind reichlich vertreten im Unter- und Obersilur, im Devon und Unterkarbon. Von jenen der jüngeren Formationen unterscheiden sie sich fast durchgehend in gewisser Hinsicht (siehe unten!). Das gilt auch von den *vorkambrischen* Kieselgesteinen, soweit man sie angesichts des Umstandes, daß aus ihnen nur in einzelnen Fällen bisher Radiolarien¹⁾ bekannt sind, hier anschließen darf.

Sehen wir uns nach einem entsprechenden Sediment der Gegenwart um, so kommt da *nur eines* in Frage: der *Radiolarienschlick der Tiefsee*, der besonders in den tiefsten Teilen des tropischen Pazifik ausgedehnte Flächen einnimmt. Als fossile Radiolarienschlicke, als Zeugen einer einstigen Versenkung auf mindestens 5000 m Meerestiefe, wurden denn auch die Radiolarite vor allem von G. STEINMANN (1906, 1925) angesprochen. Vom Standpunkt des Aktualitätsprinzips aus scheint dies zunächst durchaus verständlich. Allein, wenn man die einzelnen Vorkommen für sich betrachtet, so ergeben sich fast in jedem einzelnen Falle irgendwelche Schwierigkeiten: So hat denn STEINMANN'S Auffassung nicht viele Nachfolger gefunden: MOLENGRAAF 1902, SCHWARZ 1928; der Verfasser selbst hat sich mit einigem Vorbehalt (CORNELIUS 1925, S. 229) angeschlossen.

Vor kurzem hat nun die Frage eine sehr eingehende Erörterung gefunden (GRUNAU 1947). Allein, so eingehend sie ist, so bedarf sie doch noch der

¹⁾ Nach den neuesten Untersuchungen von DEFLANDRE handelt es sich hier gar nicht um Radiolarien. (G. DEFLANDRE: *Les soi-disant radiolaires du précambrien de Bretagne et la question de l'existence de radiolaires embryonnaires fossiles.* — Bull. Soc. Zool. de France, vol. 74 (1949), Paris (1950).

Ergänzung in einigen Punkten. Diese sei hier gegeben, in der Form, daß alle Argumente, welche für und wider die Gleichsetzung der Radiolarite mit dem rezenten Radiolarienschlick der Tiefsee in Frage kommen, zusammengestellt seien.

Für die Gleichstellung lassen sich anführen:

1. Die weit überwiegend kieselige Beschaffenheit: die Analysen ergeben einen SiO_2 -Gehalt zwischen 90 und 97%. Damit liegen sie noch weit über dem Durchschnitt des normalen Radiolarienschlicks mit 52%. Dabei ist freilich zu berücksichtigen, daß der Rest hier wesentlich auf die Tonkomponente entfällt, die in den fossilen Vorkommen nicht mit dem Hornstein gemischt, sondern als Zwischenmittel ausgesondert zu sein pflegt, also nicht mitanalysiert ist.

2. Die Abwesenheit von Kalk. Sie pflegt in den eigentlichen Radiolariten vollständig zu sein. Wechsellagerung mit Kalkbänken, wie sie z. B. im ostalpinen Oberjura verbreitet ist, könnte auf Übergänge zu pelagischen Kalkabsätzen gedeutet werden. Daß sie nicht auf Repetitionsschichtung beruht, sondern auf einer diagenetischen Konzentration eines ursprünglich gleichmäßig (in Gestalt von Radiolarien und anderen Kieselorganismen) verteilten Kieselgehaltes, zeigen die nicht seltenen Fälle, wo die Hornsteinbänke seitlich in Lagen von Konkretionen übergehen; vgl. WINKLER 1925, SCHWARZ 1929. Per analogiam möchte ich das zuvor berührte Verhältnis von Hornstein und Ton in den eigentlichen Radiolariten ebenso deuten.

3. Fe und Mn treten im normalen roten Radiolarit nur in der höchst möglichen Oxydationsstufe auf. Das gilt für die Alpen (siehe CORNELIUS 1935, S. 220) ebenso wie für Kalifornien (DAVIS 1918), also offenbar weltweit! Es gilt auch ebenso für die rezenten Tiefseesedimente.

4. Die MnO_2 -Konkretionen haben manchmal, z. B. in der Danaufornation Borneos, Gestalten bewahrt gleich denen, welche sie in den heutigen Tiefsee-Ablagerungen zeigen. (In den alpinen Radiolariten liegen sie in Gestalt langgestreckter Linsen und Schnüre vor; wohl infolge sekundärer Konzentration, vielleicht auch von tektonischer Umgestaltung.)

5. An fossilen Resten liegen ausschließlich Radiolarien vor; kalkschaliges Plankton fehlt vollkommen. Das gilt für die eigentlichen Radiolarite. Aber auch von Hornsteinkalken des ostalpinen Oberjura kenne ich Schiffe, die ausschließlich Radiolarien — durch Calcit ersetzt! — erkennen lassen; in diesen Gesteinen des Überganges ist natürlich mit der primären Anwesenheit kalkschaligen Planktons zu rechnen.

6. Die Anwesenheit von Tiefseeformen unter den Radiolarien wird fallweise behauptet (HEITZER 1930). Normalerweise sind diese ja unmöglich zu bestimmen — kaum den Familien nach, geschweige denn spezifisch. Der Versuch GRUNAUS, aus dem zahlenmäßigen Verhältnis der Nassellaria und Spumellaria Anhaltspunkte zur Bestimmung des Lebensraumes der Fauna zu gewinnen, ist deshalb mit großer Skepsis aufzunehmen; dies um so mehr, als ja auch in einem Tiefsee-Absatz die Vertreter des Oberflächen-Planktons, vielleicht sogar in überwiegender Menge — da ja die Besiedelungsdichte der

oberen Wasserschichten ungleich größer ist als die der abyssischen Tiefen! — mit hineingeraten müssen.

7. Größeres terrigenes Material ist den Radiolariten normalerweise — siehe aber unten — fremd.

8. Radiolarite gibt es nur in Geosynklinalen, nicht in epikontinentalen Transgressionsmeeren. Dieser Punkt scheint bisher noch gar nicht beachtet worden zu sein. Er ist aber deshalb wichtig, weil in Geosynklinalen, als Zonen säkularer langsamer Senkung das gelegentliche Auftreten abyssischer Tiefen grundsätzlich erwartet werden kann (selbst, wenn man im allgemeinen auf dem Boden der Permanenzlehre steht). Der normale Fall ist ja der, daß die Sedimentation mit der geosynklinalen Senkung Schritt hält und Flachwasser-Absätze großer bis sehr großer Mächtigkeit in den langsam sinkenden Trögen anhäuft. Wird aber das Umland der Geosynklinale durch gleichzeitige positive Bewegung des Meeres weithin überflutet — wie das in Europa im Jura der Fall war —, so fällt es als Sedimentlieferer aus: die Geosynklinal-Senkung geht weiter, aber die Sedimentzufuhr bleibt aus; die Folge muß eine immer weiter schreitende Vertiefung des Meeresbodens sein (CORNELIUS 1925). Von der alten Ansicht, daß das Gewicht der abgelagerten Sedimente die Geosynklinale in die Tiefe hinabdrücke, muß man sich allerdings freimachen; das Verhältnis ist gerade umgekehrt: erst muß die Senkung im Gang sein, damit die besonders mächtigen Sedimente darin Platz finden können!

Gegen die Gleichsetzung Radiolarit—Radiolarienschlick der Tiefsee läßt sich einwenden:

1. Die z. T. überraschend großen Mächtigkeiten: in Kalifornien bis 400 m! Wenn wir rein größenordnungsmäßig eine Sedimentationsgeschwindigkeit von 1 cm in 1000 Jahren zugrunde legen (die ermittelten Werte für rezente Tiefseeablagerungen bleiben vielfach darunter! vgl. SCHOTT 1938), so kommen wir auf eine Absatzdauer von 40 Millionen Jahren, was für einen Teil des Oberjura um ungefähr eine Größenklasse zu viel ist. Mächtigkeiten von 20—30 m, wie sie in den Alpen primär vorliegen dürften (meist sind sie tektonisch reduziert oder vervielfacht!), entsprechend einer Absatzdauer von einigen Millionen Jahren, bieten für unsere These dagegen noch keine Schwierigkeiten.

2. Die Einstreuungen grobklastischen Materials: normalerweise ist solches abwesend (s. oben), lokal aber stellt es sich ein, z. B. mehrfach in Graubünden, so daß der Radiolarit zur Grundmasse einer Brekzie wird. Die Auffassung STEINMANN'S (1925), daß solche Brekzien tektonischer Entstehung wären, konnte widerlegt werden (CORNELIUS 1935, S. 229); vor allem das Vorkommen unversehrter Radiolarien zwischen den klastischen Elementen spricht dagegen, ebenso die Abwesenheit sonstiger Deformationsspuren (von Fällen abgesehen, wo die fertige Brekzie deformiert wurde!). Daß klastisches Material vom Lande bis in Ablagerungen abyssischer Tiefe gelangen konnte, scheint auf den ersten Blick schwierig; man kann jedoch immerhin damit rechnen, wenn die Böschungen hinreichend steil waren. Und für ein tektonisch bewegtes Gebiet, wie wir es für die Oberjurazeit in vielen Teilen der alpidischen Geosynklinale an-

nehmen müssen, können wir wohl mit dem Auftreten recht steiler Böschungen rechnen.

Die Auffassung von ARBENZ (1926), daß der Radiolarit in Graubünden auf ältere Schichten transgrediere, glaube ich (1935, S. 243) widerlegt zu haben: die angebliche Transgressionsbrekzie „Saluverbrekzie“ hat mit dem Radiolarit nichts zu tun. — BRAUCHLI (1921, S. 24) beschreibt ein Profil, das er — wenn auch etwas zögernd — auf Transgression eines Hangendhorizonts des Radiolarits über Hauptdolomit deutet; auch in den transgredierenden Schichten treten wieder Hornsteinbänke mit Manganerz auf (Radiolarien scheinen darin allerdings nicht nachgewiesen zu sein). Er sieht darin wohl mit Recht eine Schwierigkeit für die Tiefsee-Deutung des Radiolarits. Durch einige etwas gewagte Hilfsannahmen — rasche tektonische Auf- und Abwärtsbewegung! — wäre jene immerhin noch zu überbrücken; mit intensiven Bewegungsvorgängen im Oberjura ist ja zu rechnen, und das betreffende Areal müßte nicht groß sein. Jedenfalls sollte der Fall genauestens sedimentpetrographisch untersucht werden.

3. **Einschaltung von Radiolarit in Seichtwasserablagerungen:** in Kalifornien bildet er zwei mächtige Horizonte, außerdem größere und kleinere Linsen in marinem Sandstein (DAVIS 1918). In den bosnischen Dinariden ist er in ähnlicher Weise in sandige Ton-schiefer der Untertrias eingeschaltet — die wohlbekannteren Werfener Schiefer! Es geht nicht an, für den Radiolarit eine wesentlich größere Absatztiefe anzunehmen als für die einschließenden Schichten; man käme sonst zu einem unvorstellbaren raschen Auf und Nieder um mehrere 1000 m.

4. **Übergänge in Kalk und Einschaltung von solchem** werden von GRUNAU als Argument gegen Bildung in der Tiefsee betrachtet. Ihm „bietet die Erklärung einer plötzlichen Kalkausfällung in so großen Tiefen beträchtliche Schwierigkeiten“ (1947, S. 53). Nun, von Kalkausfällung in der Tiefsee ist nach den Ergebnissen der Meteor-Expedition wohl überhaupt nicht mehr die Rede (siehe CORRENS 1937). Es müßte sich vielmehr um Änderungen in der Lösungsfähigkeit des Tiefenwassers handeln, wie sie in junger Vergangenheit durch Profile, die roten Ton und Globigerinenschlamm übereinander zeigen, belegt sind. Hier handelt es sich wohl um Einwirkungen der Eiszeit; es wäre aber vielleicht denkbar, daß im Gefolge tektonischer Vorgänge, welche die Wege der submarinen Zirkulation verlegten, ähnliches eintreten könnte.

Schriften

ARBENZ, P.: Über das Alter der Salurverkonglomerate und der Juratransgression in den Unterostalpinen Decken Graubündens. Beibl. 10, Vierteljahrsschr. Natf. Ges. Zürich 71, 1926. — BRAUCHLI, R.: Geologie der Lenzerhorngruppe. Beitr. Geol. Karte d. Schweiz. N. F. Lief. 49/II, 1921. — CORNELIUS, H. P.: Zur Vorgeschichte der Alpenfaltung. Geol. Rundsch. 16, S. 350, 1925. — CORRENS, C. W.: Blauschlick, Globigerinenschlamm, roter Ton. Fortschr. Miner. 21, T. 1, S. 32—33, 1937. — Globigerinenschlamm, roter Ton und Blauschlick. Naturwissenschaften, Berlin, Jahrg. 25, H. 13, S. 196, 200, 1937. — DAVIS, E. F.: The radiolarian cherts of the Franciscan Group. Univ. of California Pub. Dept. Geol. Sci. Bull. 7,

1918, S. 235—243. — DIENER, C.: Grundzüge der Biostratigraphie. Deuticke, Wien 1925. — GRUNAU, H.: Geologie von Arosa (Graubünden) mit besonderer Berücksichtigung des Radiolarit-Problems. Diss. Univ. Bern 1947. — HEITZER, J.: Die Radiolarienfauna des mitteljurasischen Kieselmergels im Sonnwendgebirge. Jb. Geol. B. A. **80**, Wien 1930, S. 381. — MOLENGRAAFF, G. A. F.: Geological explorations in Central Borneo. Endl. edit., London 1902, S. 414—421. — Over oceanische diepzeeafzellingen von Central Borneo. Versl. d. gew. Vergad. d. Wis. en Natuurk. Afd. d. kon. Akad. Wetensch. Amsterdam, 1909, S. 78—84. — PILGER, A.: Der innerdinarische Trog von Sarajevo. Z. D. G. G. **91**, 1939, S. 705—724. — SCHOTT, A.: Über die Sedimentationsgeschwindigkeiten rezenter Tiefseesedimente. Geol. Rundsch. **29**, 1938, S. 322—329. — Paläogeographie und Tiefseesedimente des Atlantischen Ozeans. Geol. Rundsch. **30**, 1939, S. 382. — SCHWARZ, A.: Die Natur des culmischen Kieselschiefers. Abh. d. Senckenberg. Naturf. Ges. 1928/29, S. 189—242. — Untersuchungen über die Bildungsweise von sedimentären festen Kieselsäuregesteinen nichtklastischen Ursprungs. Senckenbergiana **11**, 1929, S. 159—192. — STEINMANN, G.: Geologische Beobachtungen in den Alpen. II. Die SCHARDTsche Überfaltungstheorie und die geologische Bedeutung der Tiefseeabsätze und der ophiolithischen Massengesteine. Ber. Naturf. Ges. Freiburg **16**, 1905, S. 18—67. — Gibt es Tiefseeablagerungen von erdgeschichtlicher Bedeutung? Geol. Rundsch. **16**, 1925, S. 435. — WICHMANN, A.: Geologische Ergebnisse der Siboya-Expedition. Siboya-Expedition **66**, Leiden 1925. — WINKLER-HERMADEN, A.: Über die Bildung mesozoischer Hornsteine. Ein Beitrag zur Sedimentpetrographie der Julischen Alpen. Tscherm. Min. u. Petrogr. Mitt. **38**, Wien 1925.