Werk

Titel: Geologische Rundschau

Ort: Leipzig

Jahr: 1912

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?345572157_0003|log21

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

info@digizeitschriften.de

BAND III HEFT 2

GEOLOGISCHE RUNDSCHAU

ZEITSCHRIFT FÜR ALLGEMEINE GEOLOGIE

UNTER MITWIRKUNG DER
DEUTSCHEN GEOLOGISCHEN GESELLSCHAFT

HERAUSGEGEBEN VON DER

GEOLOGISCHEN VEREINIGUNG

UNTER DER REDAKTION VON

G. STEINMANN
(BONN)

W. SALOMON (HEIDELBERG) O. WILCKENS (JENA)

ERSCHEINT JÄHRLICH IN 8 HEFTEN VON JE ETWA 4 BOGEN
ABONNEMENTSPREIS M. 12.—. EINZELHEFTE M. 2.—

3 Taf.

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1912

Ausgegeben am 16. April 1912.

INHALT

Seite

Aufsätze und Mitteilungen:

Schlagintweit, O., Die Mieminger-Wetterstein Überschiebung. Mit 2 Figuren im Text und Tafel I und II 73

Besprechungen:

A. Unter der Redaktion der Geologischen Vereinigung:

Paläogeographische Fragen. (Th. Arldt). Mit Tafel III 93
Die Binnenmeerfazies der Trias. (A. Tornquist) 111

Geologischer Unterricht 130
Geologische Vereinigung 132

Die Fachgenossen und Verleger werden gebeten, Bücher und Sonderabzüge zum Zweck der Besprechung an den Verleger der Rundschau, Wilhelm Engelmann, Leipzig, Mittelstraße 2 zu senden. Ebendahin sind auch Beschwerden über nicht zugegangene Hefte der Zeitschrift zu richten.

Zusendungen an die Redaktion.

An den Redakteur Professor ***G. Steinmann, Bonn,*** *Poppelsdorfer Allee 98* **sind zu senden:**

1. Manuskripte von Aufsätzen und kleineren Mitteilungen, Notizen usw.
2. Besprechungen aus den Gebieten: Tektonik, Niveauschwankungen, Morphologie, Erosion, Glazialgeologie, Sedimentbildung, Erdöl, Kohlen, usw. Geologischer Unterricht.

An den Mitredakteur Professor ***W. Salomon, Heidelberg:***

Besprechungen aus den Gebieten: Chemische Geologie, Petrographie, Salzlagerstätten, Metamorphosen, Erzgangbildung, Präkambrium, Erdinneres, Vulkanismus, Erdbeben, Geologie anderer Weltkörper, Technische Geologie.

An den Mitredakteur Professor ***O. Wilckens, Jena,*** *Reichardtstieg 4:*

Besprechungen aus den Gebieten: Stratigraphie, Regionale Geologie.

Die Verfasser von Aufsätzen und Mitteilungen erhalten 100 Sonderabzüge unentgeltlich, weitere gegen Erstattung der Herstellungskosten. Zusammenfassende Besprechungen werden mit 60 ℳ, Einzelreferate und kleinere Mitteilungen mit 40 ℳ für den Bogen honoriert. Von den Referaten werden 50 Sonderabzüge unentgeltlich, weitere gegen Erstattung der Herstellungskosten geliefert.

Über die Beigabe von Abbildungen ist vorherige Verständigung mit der Redaktion erforderlich.

Im Manuskript sind zu bezeichnen:

Autornamen ~~~~~ (Majuskel), Fossiliennamen — — — — (kursiv), wichtige Dinge ———— (gesperrt), Übersehriften ═══ (fett).

I. Aufsätze und Mitteilungen.

Die Mieminger-Wetterstein Überschiebung.

Von **Otto Schlagintweit** (Würzburg).

Mit 2 Textfiguren u. Taf. I u. II.

Literatur.

O. Ampferer: 1. Geologische Beschreibung des Seefelder, Mieminger und südlichen Wettersteingebirges. Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. **55**. Wien 1905.
— 2. Einige allgemeine Ergebnisse der Hochgebirgsaufnahme zwischen Achensee und Fernpass. Verh. k. k. geol. Reichsanst. Wien 1905.
— 3. Geologische Beschreibung des nördlichen Theiles des Karwendelgebirges. Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. **53**. Wien 1903.
O. Reis: Erläuterungen zur Geologischen Karte des Wettersteingebirges. I. Kurze Formationsbeschreibung, allgemeine tektonische und orogenetische Übersicht. Geognostische Jahreshefte **23** (1910). München 1911.
Ibid. in 2 Blättern: Geologische Karte des Wettersteingebirges, 1:25000, aufgenommen von Dr. Otto M. Reis und Dr. Friedr. W. Pfaff etc.

Die interessanten tektonischen Erscheinungen zwischen dem Mieminger- und Wettersteingebirge, sowie in der Nähe Ehrwalds sind erst in neuerer Zeit durch die lehrreichen Schilderungen Ampferer's (1) bekannt geworden. Leider hat die k. k. geologische Reichsanstalt in Wien die dazu gehörige Karte (Zone 16, Kol. IV) noch nicht herausgebracht. Doch ist im vergangenen Sommer die lange erwartete geologische Wettersteinkarte des Kgl. Oberbergamts in München erschienen. In dankenswerter Weise ist dort — unter Mitwirkung Ampferer's — auch der angrenzende österreichische Teil dargestellt worden, der ja für die Beurteilung des ganzen Wettersteingebirges von ausschlaggebender Bedeutung ist. Reis hat in den bisher zu dieser Karte erschienenen Erläuterungen einen tektonischen Überblick gegeben.

Die tektonische Auffassung von Mieminger und Wetterstein hat ihre Konsequenzen für weitere Gebiete. Darum, und weil ich die Dinge dort anders sehe, als Ampferer und Reis — nicht die einzelnen

Details aber die Gesamttektonik — mögen mir die folgenden Ausführungen gestattet sein.

Wenn man vom Ehrwalder Talbecken, etwa von Lermoos aus, den Blick auf den gewaltigen Westabsturz des Wettersteingebirges richtet, (vgl. Taf. I), so erkennt man schon aus der Ferne, dass unter den mächtigen Massen des dickbankigen Wettersteinkalkes ganz anders geartete, in der Hauptsache schieferige Gesteine liegen; man sieht es an den weicheren Geländeformen der vom Fusse der mauersteilen Wettersteinwände ins Tal niedersetzenden Hänge, wo tiefe Wasserrisse das anstehende Gestein entblössen. Es sind Neokomschichten sowie oberjurassische Aptychenkalke und Hornsteine, die hier die Unterlage der mit einer Muschelkalkbasis versehenen Wettersteinkalkmauer bilden. Was wir von Lermoos aus sehen, ist eines der schönsten und handgreiflichsten Beispiele einer Überschiebung! Dass die ältere Trias in der Tat auf einer jungen Unterlage ruht, darüber kann ein Zweifel nicht bestehen. AMPFERER (1) hat eingehend erörtert, dass es unmöglich sei, die dortigen Lagerungsverhältnisse anders zu erklären. REIS bestätigt diese Auffassung AMPFERER's, und jeder, der die Verhältnisse an Ort und Stelle sieht, wird unbedingt zur Annahme einer Überschiebung gedrängt. Nur über das grössere odere geringere Ausmass und über die Richtung der Überschiebung sind die Ansichten geteilt.

Der Komplex junger Gesteine, welcher am Westrande des Wettersteingebirges dessen Unterlage bildet, biegt mit der Wettersteinmauer nach Osten um. Wie den Fuss der Westwand, so begleitet er auch den Fuss der Südwände des südlichsten Wettersteinkammes, von den Wetterspitzen bis zum Öfelekopf. Die jungen Gesteine reichen aber auf den linksseitigen Gaistalhängen nicht, wie bei Ehrwald, bis hinunter ins Tal, sondern sind auf eine verhältnismässig schmale Zone beschränkt. Diese wird südlich begrenzt von einem Zug älterer Trias, in der Hauptsache Wettersteinkalk, welcher die südlichen „Vorberge" des Wettersteingebirges aufbaut. „Schon landschaftlich tritt die Zone junger Schichten zwischen den kahlfelsigen Vorbergen und der gewaltigen, schroff gebrochenen Mauer des Hauptkammes als ein freundlicher Verband von begrünten Jöchern und Alpenmulden klar hervor[1])." Ihre Begehung an Hand der geologischen Karte sowie AMPFERER's eingehenden Schilderungen gehört meines Erachtens mit zu den lohnendsten geologischen Exkursionen in den Ostalpen.

Diese schmale Zone auf der Südseite des Wettersteingebirges verbreitert sich gegen Ehrwald hin mit der Tiefe der Aufschlüsse „trompetenförmig". Der ganze Raum zwischen Wetterstein und Mieminger ist dort von den jungen Schichten ausgefüllt; sie treten unten am Nordfusse des Sonnspitzmassivs ebenso hart an die ältere Trias heran, wie drüben im Wetterstein. Der Gedanke liegt nahe, es

[1]) AMPFERER (1) S. 541.

möchte Mieminger und Wetterstein eine zusammengehörige Schubmasse sein, unter der die jungen Schichten als Fenster hervortreten.

Gegen eine solche Deutung hat jedoch Ampferer (1 u. 2) sehr entschieden Stellung genommen. Nach ihm wäre vielmehr die Zone junger Schichten ein vor der Hauptalpenfaltung eingebrochener Streifen, welcher später mit den ihn begrenzenden Massen älterer Trias zusammen der Faltung unterlegen hätte; dabei seien die Ränder der älteren Triasgebiete stark zusammengedrängt worden, und stellenweise sei es zu Überschiebung der älteren Trias auf die junge Einbruchszone gekommen. Diese Überschiebungen wären nach Ampferer aber nur untergeordneter Natur, nur Randerscheinungen. Ja er lässt solche „beschränkte Überlagerungen" nur an der Westseite des Wettersteingebirges und zu beiden Seiten des Puitentales gelten. Auf der ganzen dazwischenliegenden Strecke solle jedes Anzeichen von Überschiebungen fehlen.

Reis teilt im grossen und ganzen diese letzte Ansicht Ampferer's und erblickt im allgemeinen auf der Südseite des Wettersteins nicht Überschiebung der jüngeren Schichten durch die triadischen Kalke, sondern longitudinale Anlagerung. Nur an einer Stelle des Hochwannerzuges sieht er „das Bild einer vereinzelt auftretenden, von der allerdings nicht mehr so hoch aufragenden Wand nach Süden abgewendeten Schichtabbiegung nördlich vom hohen Kamm, welche zum mindesten auf einen starken und nicht einfachen, örtlich auftretenden Seitendruck von Norden her schliessen lässt"[1]). Das Neokom des Puitentales wäre nach Reis[2]) von zwei Seiten her überschoben, von Norden (Ofelekopf) und von Süden (Gehrenspitzen). Solche „transversale Schiebungen nach N. und S." sind für ihn nur sekundäre, mehr oder weniger untergeordnete Erscheinungen, „nur notwendige Begleiterscheinungen einer longitudinalen Hauptbewegung"[3]). Ihm erscheinen die am Südrande[4]), wie überhaupt im Wetterstein beobachteten Verhältnisse „am besten unter Voraussetzung einer hauptsächlich longidutinalen Gesamtbewegung verständlich". „Alle Längsschollen, die eigentliche Wettersteinscholle, sowie die ihr südlich anliegende nördliche Gaistalscholle, die Miemingerscholle ... wären als Teile der rätischen Schubmasse, wie A. Rothpletz lehrt, in jedenfalls nicht ganz gleichsinniger Bewegung von Osten nach Westen zu denken." Der Westrand des Wettersteingebirges, die Mauer von den Wetterspitzen bis zur Zugspitze, ist für ihn der solchermassen auf jüngere Schichten aufgeschobene Stirnrand der Wettersteinscholle.

Aus den Verhältnissen auf der Südseite des Wettersteingebirges, auf der Nordseite der Mieminger Berge und an den Westenden dieser beiden Gruppen lese ich einen anderen Bauplan heraus als Ampferer und Reis.

[1]) S. 94.
[2]) S. 93.
[3]) S. 105.
[4]) S. 104—105.

Mieminger und Wetterstein sind für mich eine zusammengehörige Schubdecke, als deren Hauptbewegungsrichtung mir nur S.-N. verständlich erscheint.

Betrachten wir zunächst die Verhältnisse im Westen, bei Ehrwald. Dass die Westseite und die Südwestecke des Wettersteingebirges auf Jura-Neokom aufruht, übergeschoben ist, darüber ist man sich einig. Jenseits des Geissbaches[1]) treffen wir dieselben jungen Gesteine, bei den „Alten Mühlen" und, stark verhüllt, auf der „Langen Lähn". Südlich von dieser erhebt sich eine geschlossene Wettersteinkalkwand, durch welche der „Hohe Gang" führt; darüber thront die elegante Pyramide der Sonnspitze. Hier ist die Überlagerung nicht so direkt erschlossen wie im Wettersteingebirge; wenn wir aber behaupten, dass auch hier die jungen Schichten vom Nordrand der Mieminger überschoben werden, so ist das nicht nur eine auf Analogie begründete Vermutung. Etwas weiter im W. ist das tatsächliche Vorhandensein einer Mieminger Überschiebung deutlich zu sehen. Zwar ist der Westfuss von Sonnspitze und Wampeten Schrofen so gut wie ganz vom Schutt verhüllt; aber am Marienbergjoch treffen wir wieder oberen Jura mit seiner Unterlage bis zum Hauptdolomit, und verfolgen diese Zone nach Ampferer's Schilderung[2]) unter den Nordabstürzen des Wannecks fort, und über das Fernpasstal hinüber bis zur Heiterwand, stets steil überschoben von der im S. angrenzenden älteren Trias, der westlichen Fortsetzung der Mieminger Triaszüge. Es ist evident, dass wir vom Nordfusse der Hohen Gang-Wand bis zur Heiterwand die Austrittslinie ein- und derselben Überschiebung vor uns haben (vgl. hiezu Fig. 2).

Die Überschiebung vollzieht sich nicht immer nur auf die allerjüngsten Teile des basalen Schichtkomplexes; zwischen die Zone jüngerer Schichten im Geissbachtale und jene unter dem Wanneck etc., schiebt sich als das normale Liegende der letzteren ein Hauptdolomitzug ein. Er schwingt sich jenseits der Fernpassstrasse zu Grubigstein und Gartnerwand empor. Zwischen Bieberwier und dem Bremstadelkopf[3]) tritt er auffallend nahe an die Mieminger Berge heran: Er taucht ebenfalls unter sie unter. Dabei ist hier für jüngere Schichten zwischen diesem Hauptdolomit und der Überschiebungsfläche viel weniger Platz vorhanden, als unter dem Wanneck; sie fehlen scheinbar ganz. Ob auch der Hauptdolomit und die Raibler bei der Bieberwierer Scharte[4]) zu diesem Hauptdolomitzug gehören, ist fraglich und wenig wahrscheinlich.

---

[1]) Nicht zu verwechseln mit dem Gaistal (Leutascher Ache).
[2]) (1), S. 496 ff.
[3]) Südlich vom Südwesteck der bayer. geologischen Karte.
[4]) Vergl. Ampferer (1) S. 493 u. 494.

Eine schmale Zone von zerdrücktem Hauptdolomit treffen wir in der Umgebung des Mariabergjoches und am Wanneck auch zwischen dem oberen Jura und der älteren Trias; doch ist es schwer zu sagen, ob dies eine Schuppe des übergeschobenen oder des basalen Gebirges sein mag; wahrscheinlich das letztere. Wie dem aber auch sei, wichtig ist uns dieser Streifen wegen analoger Vorkommnisse an den südlichen Vorbergen des Wettersteins.

Der tiefliegende Wettersteinkalkklotz des Schachtkopfes[1]) gehört zum übergeschobenen, hier lokal eingesunkenen Gebirge.

— —

Kehren wir nun zurück zur Südwestecke des Wettersteingebirges: Kontinuierlich verfolgen wir die jungen Schichten von der Westseite hinüber auf die Südseite; wir treffen sie, wie schon erwähnt, überall am Fusse der Südwände des südlichsten Wettersteinkammes bis zum Leutaschtale. Der Nordrand dieser Zone junger Gesteine stösst stets hart an die ältere Trias an. Dass diese im beträchtlichen Ausmass übergeschoben darauf ruht, darf meines Erachtens schon aus dem Umstande entnommen werden, dass die südlich unter den Wettersteinwänden hinstreichende Zone sich in den grossartigen Aufschlüssen der Westseite so weit nach N. verfolgen lässt; zunächst einmal noch etwas nördlicher als der Gipfel des Schneefernerkopfes.

Es erscheint mir bei den an der Süd- und Westseite des Wettersteingebirges erschlossenen Verhältnissen unmöglich, mit Reis den Südrand des Wettersteingebirges eine Longitudinalspalte sein zu lassen, mit nur untergeordneter, randlicher Überschiebung auf die angrenzende Scholle. Es reimt sich damit nicht zusammen, dass der Westrand des Wettersteins an weit im N. gelegenen Punkten als auf die gleiche Scholle übergeschoben erkannt wird. Und wenn längs der ganzen Südseite des Wettersteins eine Longitudinalspalte, an der sich ost-westliche Bewegungen vollzogen hätten, verlaufen soll, so fragen wir wohl mit Recht, warum am Westfusse des Wetterstein so gar nichts von dieser Spalte zu bemerken ist?

Dass die Zone junger Schichten auf der Südseite des Wetterstein in ihrer ganzen Erstreckung von der Wettersteintrias überschoben wird, geht nicht allein aus den Aufschlüssen der Westseite hervor; auch die Verhältnisse auf der Südseite selbst lassen dies erkennen. Es kommt nur hinzu, dass sich die Überschiebungsfläche stellenweise recht steil stellt.

Im Schneefernerkopf liegen die Wettersteinkalk- und Muschelkalkbänke ziemlich flach, und auch die Auflagerungsfläche auf dem basalen Gebirge ist mehr oder weniger horizontal (vgl. Taf. I). Vom Wetterwandeck an gegen O. fällt der Wettersteinkalk zuerst mit mässiger, dann mit grösserer Steilheit nach N. Gleichzeitig schiesst

[1]) Ampferer (1) S. 495 ff.

nun auch die Grenzfläche zwischen jungen Schichten und älterer Trias steil nach N. ein. Dies offenbart sich besonders in der Umgebung des Gatterls (vgl. Fig. 1), vor allem in dem Kammstück Gatterl-Kleiner Wanner. Hier biegt die Grenzlinie zwischen jungen und alten Schichten nach N. aus, und die Trias verliert von oben herab an Mächtigkeit. Gleichzeitig senkt sich — im Trauchlet — die Grenzlinie, hebt sich weiter östlich aber wieder, wobei sie auch wieder nach Süden zurückbiegt. Diese typische Erscheinung spricht eindringlich für eine nordfallende Überschiebungsfläche. Wenn man auf den Felskopf östlich von der tiefsten Einschartung des Gatterls steigt und gegen den Kleinen Wanner blickt, aber auch vom hohen Kamm aus, kann man diese Verhältnisse sehr schön überschauen[1]). Man sieht klar und deutlich, wie die Grenzfläche mit den Wettersteinkalkbänken steil nach N. fällt; stände sie senkrecht, so könnte auch der Wettersteinkalk zwischen Kleinem Wanner und Hochwanner nicht so weit nach S. vorspringen. Auch in kleinerem Masstabe kann man wiederholt beobachten, wie der Triasrand, bastionsartig nach S. vorspringend, auf den Komplex der Neokommergel und Aptychenschiefer übergreift; daraus kann wieder nur geschlossen werden, dass dieser Rand ein Überschiebungsrand sei.

Die Gegend des Gatterls bietet bei dieser Auffassung Nichts des Merkwürdigen und Aussergewöhnlichen. Nicht die dort so schön zu beobachtenden Blattverschiebungen — die übrigens den Wettersteinkalk der Vorberge und des Hauptkammes in gleicher Weise betroffen haben — erklären mir das Zurückweichen des Wettersteinkalks nach N. und das Vordringen der jungen Schichten nach N.[2]), nicht eine Verwerfung die tiefe Lage der Neokom-Triasgrenze im Trauchlet, aber beides zusammen ist mir aus dem Vorhandensein einer stark nach N. geneigten Überschiebungsfläche leicht verständlich.

Bis zum Scharnitzjoch (Karljoch) behält die Schubfläche, deren Austritt sich vom Südfuss des Hochwanners an stets in ungefähr gleicher Höhe hält, offenbar ein steiles Nordfallen bei; flach kann sie nicht liegen, sonst müsste sie im Reintale oder in den Nordwänden des Teufelsgrates zum Austritt kommen.

Vom Scharnitzjoch an senkt sich die Schubfläche nach O. Unter den Südwänden von Scharnitz- und Schüsselkarspitze liegt die Neokom-Triasgrenze noch in 2200 m Höhe. Dann aber sinkt sie nach O. hin. Die Grenze selbst ist zwar von Schutt überdeckt, aber je tiefer wir im Puitentale nach O. abwärts steigen, in um so tieferer Lage fussen nun die steilen Triaswände (vgl. hiezu und zu folgendem Taf. II). Südlich unter dem Öfelekopf treffen wir dann die Neokom-Triasgrenze wieder

[1]) Auf dem Bild Fig. 7, S. 76 bei Reis sieht man die jungen Schichten südlich unter der Wettersteindecke emportauchen. Doch ermöglicht der Standpunkt der Aufnahme nur eine unvollständige Vorstellung von den dortigen Verhältnissen.

[2]) Ampferer (1) S. 539.

erschlossen; sie ist bis dorthin auf 1600 m gesunken und sinkt weiterhin — unter der Südwand des Öfelekopfes kontinuierlich aufgeschlossen — rasch auf 1200 m. Hier fällt die Überschiebungsfläche auch nicht mehr steil nach N. ein: sie tritt auch auf der Ostseite des Öfelekopfs aus und liegt am Weg ins Berglental etwa in gleicher Höhe, aber bedeutend nördlicher, wie unter der Südostecke des Öfelekopfs.

Auch die bedeckende Trias fällt jetzt nicht mehr steil nach N. sondern liegt flach.

Zwischen dem Neokom unter der Südostecke des Öfelekopfs und jenem am Berglentalweg kommen (vgl. Taf. II) die Neokomschiefer noch an einer weiteren Stelle zutage und zwar in einer in den Berg einspringenden Ecke. Diese Stelle liegt weiter westlich, als die beiden vorgenannten und liegt zugleich höher. Auch da sehen wir wieder, dass die Überschiebungsfläche hier nach O. absinkt.

Die Verhältnisse am Süd- und am Ostfusse des Öfelekopfs, das Herumgreifen der jungen Schichten von der Südseite auf die Ostseite, das Auftreten in der einspringenden Ecke, das lappenartige Übergreifen der untersten Süd-Ostecke der Öfelekopftrias über die jungen Schichten, welches auf der Karte lange nicht so deutlich zum Ausdruck kommt, wie in der Natur, sind wieder typische Erscheinungen einer Überschiebung.

Genau die gleichen Verhältnisse wie am linken Hang des Puitentales, am Südfusse des Öfelekopfs, herrschen am rechten Talhang, am Nord- und Nordostfuss der Gehrenspitzen (vgl. Taf. II). Auch dort ist klar und deutlich zu sehen, dass die Gehrenspitztrias einem Neokomsockel übergeschoben aufruht. Sie beginnt wie am Öfelekopf mit Muschelkalk, über dem sich bald der Wettersteinkalk einstellt. Wie unter dem Öfelekopf nach Norden, so „greifen" hier die tiefsten Aufschlüsse des Neokomsockels „nach Süden zurück"[1]. Nord- und Südseite des Puitentales sind genaue Spiegelbilder; und nicht nur unten, am Ausgange des Puitentales, sondern bis hinauf zum Scharnitzjoch. Auch unter den Gehrenspitz-Nordwänden fällt die Linie zwischen den jungen Schichten und der Trias nach O. Die Notwendigkeit ist hier zwingend, die unter Gehrenspitzen und Öfelekopf austretenden Überschiebungslinien als Austritt ein und derselben Unterschiebungsfläche zu begreifen, und Öfelekopf und Gehrenspitzen als eine, ursprünglich zusammenhängende Schubmasse aufzufassen.

Wer dies aber aus den Verhältnissen im Puitentale heraus nicht glauben will, der möge aus dem Puitentale nach O. blicken: Auf den jenseitigen Hängen des Leutaschtales, an der Westseite der Arn-

[1]) Ampferer (1) S. 542.

spitzengruppen sieht man es ja, wie nun die Triasdecke geschlossen ist! Neokom kommt auf dieser Seite nicht mehr zutage; die Grenzfläche Neokom-Trias sinkt ja, wie wir gesehen haben, nach O. ab, so steil, dass das Leutaschtal sie auf seiner rechten Seite nicht mehr anschneidet; sie liegt dort unter der heutigen Oberfläche. Auch die auflagernde Decke senkt sich nach O. Am deutlichsten tritt dies am Arnspitzenkamm in die Erscheinung, wo die Wettersteinkalkbänke O. S. O. fallen.

Auf der Ostseite der Arnspitzengruppe erscheint wieder ein kleiner Fetzen der Unterlage. Es ist das von AMPFERER[1]) nördlich vom Arntalkopf, beim ehemaligen Scharnitzer Bleibergwerk entdeckte kleine Vorkommen von Malm, zu dem sich nach meinen Beobachtungen auch Neokom gesellt. Dieses Vorkommen bestätigt uns, dass die Zone der jungen Schichten, entsprechend ihrem Absinken nach O. vom Scharnitzjoch an, unter das Arnspitzenmassiv untertaucht und in der Tiefe unter ihm nach O. fortsetzt. Erst weit östlich im Karwendel kommt das überschobene Gebirge unter der lastenden Decke wieder ans Tageslicht, wie uns AMPFERER's (3) Untersuchungen gelehrt haben.

Beim alten Scharnitzer Bleibergwerk haben wir aber, wie ich mir vorstelle, nicht die eigentliche Schubfläche vor uns; vielmehr glaube ich, dass dieser schmale, zwischen Wettersteinkalk eingeklemmte Streifen von Neokom und oberem Jura ein emporgepresstes Stück des Untergrundes ist, vielleicht sogar ganz aus dem Zusammenhang mit dem basalen Gebirge gelöst. Ähnliche Beispiele sind aus anderen Gegenden ja genugsam bekannt. Ebenso fasse ich das benachbarte mehr oder weniger im Streichen liegende Vorkommen von Aptychen- und Kössnerschichten hoch oben in der Sulzeklamm[2]) auf: Als einen vom Untergrund losgeschürften und zwischen das dort schuppenförmig übereinandergetürmte Deckgebirge geratenen Fetzen, der ursprünglich vielleicht mit dem Vorkommen beim alten Bleibergwerk zu ein und derselben aufgepressten Scholle gehörte.

Mit der Überschiebung von Muschelkalk auf Wettersteinkalk am Wildsteigkopf, sowie mit anderen Schuppen innerhalb der älteren Triasmassen, darf der Fetzen junger Schichten nördlich vom Arntalkopf (sowie der in der Sulzleklamm) nicht in Zusammenhang gebracht werden!

Am Ausgange des Puitentales haben wir erkannt, dass Öfelekopf und Gehrenspitzen zu einer Schubmasse gehören, und dass das Neokom ein Fenster ist. Nun hängen die Gehrenspitzen durch die „Gaistalmulde" aufs engste mit den südlich des Gaistales aufstrebenden

[1]) Vergl. (3) S. 240 u. (1) S. 454.
[2]) Vergl. AMPFERER (1) S. 452 und (3) S. 239.

Mieminger Bergen zusammen; und sie sind andererseits die östlichen Eckpfeiler jenes geschlossenen Zuges von Triasvorbergen, der bis zu den Oberlähnsköpfen[1]) und dem Issentalköpfl die Zone junger Schichten südlich einfasst. Dieser Vorbergszug ist ebenfalls[2]) der, streckenweise freilich stark gestörte Nordflügel der Gaistalmulde. Es ist also stets der Mieminger Nordrand, von dem die Zone junger Schichten auf dem linken Gaistalhange südlich eingefasst wird.

Der Wettersteinkalkzug der Vorberge setzt, im Gebiete der Feldernalm nur wenig unterbrochen, auch nach AMPFERER's Auffassung[3]) offensichtlich in jenem Wettersteinkalkzug fort, der von den Feldernalmhütten an über P. 1675 bei der Pestkapelle immer weiter nach W. zu verfolgen ist. Dieser baut die Mauer unter dem Seebensee und unter der Sonnspitze auf und bildet hier ebenfalls den Mieminger Nordrand. Wir führten schon aus, dass dieser Teil des Nordrandes auf die zu seinen Füssen liegenden jungen Schichten übergeschoben sein muss, genau so wie der Süd- und der Westrand des Wettersteingebirges. Und da zu beiden Seiten des Tales, welches sich von der Ehrwalder Alm nach W. hinabzieht, durchaus gleichwertige Verhältnisse herrschen — man vergl. nur die Karte! — so muss man dort mindestens mit der Möglichkeit rechnen, dass Mieminger und Wetterstein eine Schubmasse seien. Im Puitentale wird diese Vermutung zur Gewissheit, und in der Leutasch sieht man, dass sie Wirklichkeit ist. Dort schliesst sich die nördliche und südliche Trias über den jungen Schichten zusammen, welche bisher Wetterstein und Mieminger getrennt hatten.

Die Zone junger Schichten zwischen Mieminger und Wetterstein ist somit in ihrer ganzen Erstreckung als Fenster aufzufassen. Bei Ehrwald (vgl. Fig. 2) und im Puitentale ist sie leicht als solches verständlich, da sie dort nördlich wie südlich von flachfallender Trias überlagert wird. Schwieriger ist ihr Verständnis im Mittelstück, vom Scharnitzjoch bis zum Feldernjöchl, sowie auch am Issentalköpfl.

Auf dieser Strecke fällt nämlich die Trias nach Norden und zwar nicht nur die, welche die jungen Schichten nördlich überlagert, sondern auch jene, die südlich an sie angrenzt; letztere schiesst also

[1]) Hinterer Oberlähnskopf, 2230 m der bayer. 1:25000 Karte = Hochwannerkopf des bayer. Blattes „Mittenwald West" 1:50000 = Hochwannerkopf bei AMPFERER. — Vorderer Oberlähnskopf der bayer. Karte 1:25000 = Haberlenz der bayer. Karte 1:50000 und bei AMPFERER.

[2]) Vergl. darüber AMPFERER (1).

[3]) (1) S. 539, 541 u. 494.

unter die jungen Schichten ein![1]) Nun besteht aber kein Zweifel, dass der nordfallende Wettersteinkalkzug der nämliche ist, der in den Gehrenspitzen nach S. fällt und die Zone der jungen Schichten überschiebt. Am Westgrat der westlichen Gehrenspitze sieht man, wie die am Westgipfel noch flach südfallenden Wettersteinkalkbänke sich sehr steil stellen, fast bis zur Senkrechten. Weiter östlich vollzieht sich — offenbar begleitet von Querbrüchen, wie auch AMPFERER[2]) annimmt — der Umschwung von Südfallen zu Nordfallen. Dieses Nordfallen herrscht jedoch nur auf einer kurzen Strecke; im Westen fällt der Mieminger Nordrand wieder flach Süd (z. B. am Hohen Gang); dabei ist auch wieder die übergeschobene Lagerung klar. Unter diesen Umständen verstehe ich das abweichende Nordfallen eines Teiles der Wettersteinvorberge folgendermassen (vgl. hiezu Fig. 1): Auf eine gewisse Strecke wurde die übergeschobene Decke muldenförmig verbogen und in den basalen Untergrund eingemuldet, bis zur Überkippung des Nordflügels, so dass dieser jetzt unter die ehemalige Unterlage einschiesst. Eine Folge der muldenförmigen Verbiegung der Decke ist die Existenz der engen Gaistalmulde. Es fällt auf, dass diese — von W. an gerechnet — gerade ungefähr dort deutlich zu werden beginnt, wo das besprochene Nordfallen sich bemerkbar macht.

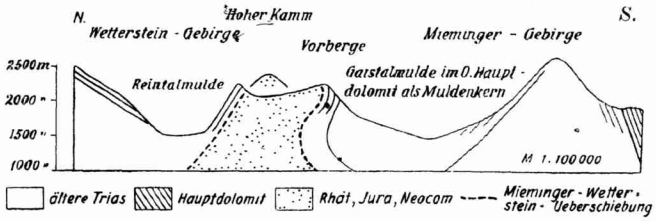
Ebenso beschränkt sich das steile Nordfallen sowohl der Wettersteinkalkbänke des südlichsten Wettersteinkammes, wie der Schubfläche gegen die jungen Schichten (vgl. oben) fast genau auf jene Strecke, auf der die benachbarte Vorbergstrias nach N. einfällt. Offenbar haben beide Erscheinungen die nämliche Ursache. Gleichzeitig macht sich in der jungen Zone ein antiklinaler Bau mehr oder weniger deutlich bemerkbar.[3]) „Die Einlagerung der jungen Schichten wird, wie AMPFERER[4]) schreibt, tektonisch vollständig von der Umgebung beherrscht. Wir sehen sowohl am östlichen wie am westlichen Rande der Einlagerung, dass die begrenzenden Triasmulden flache Lagen einnehmen. Dasselbe gilt für die dazwischen eingeschalteten jungen Schichten. Dazu verbreitert sich ihre Einlagerung, obwohl (wir würden eher sagen weil!) die Aufschlüsse gerade hier sehr tief hinabreichen .... Dagegen erscheint der Streifen der jungen Schichten von den Issentalköpfeln bis zum Scharnitzjoch schmal und eng zusammengefaltet. Zu seinen Seiten sind hier die (begrenzenden) Muldenflügel (Reintalmulde und Gaistalmulde) steil aufgerichtet oder übergekippt. Der ganze Schichtenstreifen ist dabei beträchtlich gehoben" — wir sperren dies besonders — „was man nicht nur aus der allgemeinen grösseren Höhe, sondern besonders daraus er-

[1]) Vergl. Profil 32 - 37 u. 39 bei AMPFERER (1).
[2]) (1) S. 535.
[3]) Vergl. AMPFERER's (1) Fig. 33—37 u. 39.
[4]) (1) S. 552.

sehen kann, dass am Ost- und Westrande in weit tieferer, flacher Lage die Neokomschichten vorherrschen".

„Die Zone der jungen Schichten stellt tektonisch im Faltenbau eine Aufwölbung dar[1])." Ich erblicke hierin die Folge einer antiklinalen Aufwölbung von überschobenem Untergrund mitsamt der übergeschobenen Decke. Dass der Untergrund aufgewölbt ist, entnehmen wir seinem Bau, sowie dem Auftreten von tieferen Gliedern (Kössnern); auch die grosse Erhebung des Neokoms im Hohen Kamm wird uns so verständlich. Obwohl also die jungen Schichten am Hochwannerkopf, Predigtstein etc. heute auf der Trias liegen, sind sie doch überschobene Unterlagen und Fenster. Wir müssen Vorbergs- und Wettersteintrias mit einer hoch aufgebogenen Luftlinie verbinden. Am Hochwannerkopf ist ein Zurückbiegen der Vorbergstrias, wie es in Fig. 1 dargestellt ist,

Fig. 1.



Schematisches Profil in der Gegend des Gatterls (z. T. nach Ampferer). Emporwölbung des überschobenen Untergrundes und muldenförmige Verbiegung der übergeschobenen Decke.

noch heute zu sehen. Der Wettersteinkalk steht nicht ganz so wie auf Ampferer's Profil 59; er fällt nur in seinen unteren Partien mit steiler Neigung nach Norden, während er oben teils senkrecht steht, teils eine mehr oder weniger deutliche Neigung nach Süden zeigt. Der Wettersteinkalk macht hier also eine Biegung, deren konvexe Seite nach Süden gerichtet ist.

Den ursprünglichen Zusammenhang zwischen Vorbergen und Wetterstein braucht übrigens gar nicht erst die Erosion zerstört zu haben; er kann und wird wohl schon während der Aufwölbung zerrissen sein. Ob Untergrund und Decke nach dem Überschiebungsvorgang, oder gleichzeitig damit, zusammen verfaltet worden sein mögen, ist hier nicht weiter von Belang.

Nördlich der postulierten Antiklinale folgt die Reintalmulde (vgl. Reis), südlich die Gaistalmulde. Die Vorbergstrias wäre der Südflügel der Antiklinale und der Nordflügel der Gaistalmulde.

Doch liegen die Verhältnisse nicht ganz so einfach. Die Wettersteinkalkplatten, welche im Süden die jungen Schichten unterteufen,

[1]) Ampferer (1) S. 552.

sind fast überall noch von Raiblern bedeckt, so dass diese, und nicht der Wettersteinkalk, an die jungen Schichten angrenzen. Am Nordrande der jungen Zone hingegen stösst Wettersteinkalk an, manchmal sogar mit einem Fuss von Muschelkalk. Diese Verschiedenheit wird natürlich gegen die Auffassung einer Mieminger-Wettersteinschubdecke ins Feld geführt werden. Dabei ist aber zu bedenken, dass sich die Verschiedenheit der beiden Fensterränder nur auf einen Teil des Fensters, den mittleren, erstreckt. Der Unterschied ist wohl auch nicht gar so gross, wie er auf der Karte erscheint. Dort ist dem Muschelkalk am Südfusse des Wettersteinkammes entschieden eine zu grosse Verbreitung zugewiesen worden. So östlich vom Gatterl; dann auch an der schmalsten Stelle des Fensters, südwestlich vom Feldernjöchl, bei Punkt 2129: Der nördliche Muschelkalk, über den der Weg führen soll, ist meiner Meinung nach keiner, sondern dünnbankiger Wettersteinkalk. Ferner möchte ich bezweifeln, ob sich Wettersteinkalk und Raiblerkalk stets mit Sicherheit unterscheiden lassen, wenn man von den Lagerungsverhältnissen absieht. Indes, Unterschiede zwischen der Nord- und Südbegrenzung der jungen Zone bestehen tatsächlich.

Am besten lassen sich die Erscheinungen an den Vorbergen vielleicht so verstehen: In den Miemingern, wie im Wetterstein herrscht deutlich ein schuppenförmiger Bau. Ich erinnere nur an die Gegend des Schachen und der Hundsställe[1]). Nun mag hier an den Vorbergen das übergeschobene Gebirge gerade mit einer tieferen Schuppe aufliegen, als wie gegenüber an den Südwänden, vom Hochwanner bis zur Scharnitzspitze. Bestärkt wird man in dem Gedanken an eine solche Möglichkeit durch das Vorhandensein eines Muschelkalkstreifens am Südfusse des Vorderen Oberlähnskopfes[2]). Die tiefere Schuppe müsste östlich und westlich auskeilen, und ebenso nach N. hin. Letzteres erscheint gar nicht so unmöglich, wenn man berücksichtigt, dass die heutige Nähe von Vorbergsrand und Wettersteingebirgsrand doch nur das Resultat einer starken seitlichen Zusammenpressung ist. AMPFERER hat einen ähnlichen Gedanken ausgesprochen[3]) und in Hinsicht auf die Verhältnisse an den Vorbergen gemeint: Wenn man Mieminger und Wetterstein als zusammengehörige Schubmasse auffassen wolle, dann „müsste man denken, dass bei Einstellen der Vorwärtsbewegung (S.-N.) der gewaltigen Schubmassen ihr vorderster Teil abgerissen und noch ein Stück weitergetrieben wurde".

Oder man muss, um die Reihenfolge der einzelnen Formationsglieder erklären zu können, in der Vorbergszone ein Stück der Decke sich vom Untergrund und aus dem Zusammenhang mit der Gaistalmulde lösen, und mit AMPFERER[4]) eine „wälzende" Bewegung ausführen lassen.

[1]) Vergl. bei REIS.
[2]) = Haberlenz. Vergl. AMPFERER (1) S. 553.
[3]) (1) S. 558.
[4]) (1) S. 553.

An eine weitere Erklärungsmöglichkeit: dass in einem Stück des Vorbergkammes der basale Untergrund zu sehen sei, kann aus verschiedenen Gründen wohl nicht gedacht werden.

Schwer erklärbar bleibt das Verhalten eines Teils der Vorberge immer. Die Komplikationen sind vielleicht auch grösser als wir zu erkennen vermögen. Keinesfalls aber können die Erscheinungen an den Vorbergen, die sich nur auf eine Teilstrecke beschränken, ein Grund sein, die Annahme einer zusammengehörigen Mieminger-Wettersteinschubdecke zu verwerfen. Dazu reden die Verhältnisse im W. und im O. eine zu deutliche Sprache! Unter ihrer m. E. zwingenden Beweiskraft muss eben auch das abweichende Verhalten eines Teils der Vorberge unter Annahme dieser Schubdecke zu verstehen gesucht werden.

Zwischen den jungen Schichten und der Trias der Vorberge liegt hin und wieder ein schmaler Streifen zerdrückten Dolomits. Es ist dieselbe Erscheinung, die wir unter dem Wannek etc. antreffen. Hieraus hat schon Reis [1]) gefolgert, dass die Überlagerungsverhältnisse hier und dort gleichwertig seien. Wir haben jedesmal die nämliche Überschiebung vor uns.

Die Annahme einer einheitlichen Decke erklärt auch noch einige andere Erscheinungen, die wir kurz berühren müssen.

Die jungen Schichten nordwestlich und östlich von den Feldernalphütten [2]) können nicht gut als jüngste Glieder der Gaistalmulde verstanden werden, nicht als Einbrüche oder Einfaltungen [3]). Es wäre doch zu auffallend, dass gerade hier, wo die Mulde sich hebt [4]), aber sonst nirgends, Schichten jünger als Hauptdolomit angetroffen werden sollten! Dagegen begreift sich dieses Aufbrechen von jungen Gesteinen leicht als emporgepresstes Stück der überschobenen Unterlage. Ebenso ist der Aufbruch von Neokom im Westhang der Gehrenspitze [5]) zu verstehen. Der Einwand, den Ampferer [6]) hieraus gegen einen Deckenbau geltend gemacht hat, ist also hinfällig.

Die „heftig bis ins kleinste gestörte Bergmasse“ [7]) zwischen dem Sattel der Pestkapelle und dem Issentalköpfel ist noch am ehesten verständlich, wenn wir annehmen, dass hier Schollen des Untergrunds

[1]) Vgl. S. 103.
[2]) Ampferer (1) S. 541.
[3]) Reis S. 93.
[4]) Vergl. Ampferer (1) S. 527.
[5]) Vergl. Ampferer (1) S. 553 u. Fig. 31; auf der bayr. Karte ist er nicht verzeichnet.
[6]) (1) S. 558.
[7]) Ampferer (1) S. 541.

und Reste der ehemaligen Decke in wirrem Durcheinander und schuppenbildend vorliegen.

Die Überschiebungen, welche AMPFERER (3) im Karwendel nachgewiesen hat, setzen im Wetterstein und Mieminger Gebirge fort. Eine Änderung der Tektonik, wie AMPFERER will, geht nicht vor sich. Und das Wetterstein ist durchaus dazu angetan, auf gewisse Verhältnisse im Karwendel ein Licht zu werfen. Wie AMPFERER im Karwendel, in der Vomper-Hinterautaler-Platte, so erblicken wir in Mieminger und Wetterstein eine mächtige (nach N. bewegte) Schubmasse. Sie ist in sich ziemlich kompliziert gebaut, was uns hier jedoch weniger interessiert.

Die Wurzellosigkeit des Wettersteingebirges erkennen wir daraus, dass nicht nur auf seiner Südseite, sondern auch im W. und NW. jüngere Gesteine seine Basis bilden. Wir haben schon oben erwähnt, dass die Jura- und Neokomschichten die Süd- und die Westseite in gleicher Art und Weise umsäumen. Im Ehrwalder Köpfl — vgl. hiezu Taf. I — ist das tiefste Glied der Wettersteintrias, der Muschelkalk, auffallend mächtig. REIS [1]) entdeckte hier mitten im Muschelkalk einen schmalen Keil des basalen Gebirges (Malm). Daraus erklärt sich die Mächtigkeit des Muschelkalks; sie ist hier nicht normal, sondern entstanden durch Zusammenstauchung und Schuppung, wobei ein Keil des basalen Gebirges mit aufgepresst wurde. Die Stelle ist ein Analogon zu jener am alten Scharnitzer Bleibergwerk! Nimmt man einen Schub aus S. an, so ist der Malmkeil am Ehrwalder Köpfl ohne weiteres verständlich. Auch REIS denkt sich die „Teilüberschiebung" der Aptychenkalke auf den Muschelkalk „von S. her erfolgt"; das passt aber schlecht zu der von ihm angenommenen Ost-Westschubrichtung, und so muss er zu umständlichen „Stirnrandverkeilungen" seine Zuflucht nehmen.

Im Zugwald, am NWestfuss des Wettersteingebirges treffen wir Kössener Schichten „sehr nahe der Muschelkalkgrenze und so gelegen, dass der Auffassung, es handle sich hier um einen tieferen Teil des (REIS meint von O. her) überschobenen Komplexes keine gewichtigen Gründe entgegengehalten werden können" [2]). Und ich stimme mit REIS [3]) durchaus überein: „Die Ausstreichfortsetzung der Überschiebung an der westlichen Wetterwand kann südöstlich vom Eibsee, zwischen das dort am Zugmösel auftretende Rhät und die höher aufragende Trias gelegt werden". Dazwischen tritt der Hauptdolomitzug der Törlen so nahe an den Fuss des Zugspitzstockes heran, dass unter Berücksichtigung der sonstigen Sachlage trotz der starken Schutt-

[1]) S. 95.
[2]) REIS S. 95.
[3]) S. 97.

bedeckung kein Zweifel sein kann, er tauche ebenfalls unter das Wettersteingebirge unter.

Aus all dem ergibt sich ein weiter, wurzelloser, nördlicher Vorschub des Wettersteingebirges. AMPFERER hat gegen einen solchen eingewandt[1]), „dass im Norden das Wettersteingebirge grossenteils regelmässig mit seinem Vorlande verknüpft" sei, sowie an anderer Stelle[2]): „Im N. des Karwendels und Wettersteines schliesst sich an den Wettersteinkalk grösstenteils ganz regelrecht das breite, tiefer gelegene Vorgebirge an". Indes konstatiert er selbst[3]), dass, ebenso wie die Streifen junger Schichten innerhalb von Karwendel und Wetterstein-Mieminger „zu dem umgebenden älteren Triasgebirge durchaus nicht in einfacher Muldenbeziehung" stünden, so „auch die grosse, tief und deutlich ausgebildete Mulde, welche im N. des Karwendel und Sonnwendgebirges durchstreicht, an keiner Stelle ein regelmässiges Verhältnis zur südlichen älteren Trias besitze". Was nun den Nordrand des Wettersteingebirges anbelangt, so zeigt uns die geologische Karte, dass er ganz unregelmässig und sehr eigenartig zusammengesetzt ist. REIS hat dies eingehend erörtert. Doch ist es noch recht unsicher, wo der weitere Verlauf der bis zum Zugmösel so klar zu verfolgenden Austrittslinie der Wettersteinüberschiebung gesucht werden darf. Jedenfalls nicht am Nordrand des nördlichsten Zuges von Wettersteinkalk. An der Nordwestecke des Karwendels sind zwar die nördlichsten Wettersteinkalkklötze, wie der Wörner, deutlich auf den nördlich angrenzenden Hauptdolomit hinaufgeschoben; westlich der Isar aber, unter dem Grünkopf legt sich derselbe Hauptdolomitzug ganz normal mit Raibler Zwischenlage auf nordfallenden Wettersteinkalk. Der Verband ist auch weiterhin nur wenig gestört, wenn auch streckenweise, so am „Jägersteig"[4]) der normale Verband zerrissen und der Wettersteinkalk wieder auf den Hauptdolomit geschoben ist. Wo aber der Nordrand, oder wo Nordränder, nördliche Stücke der Überschiebungsdecke vorliegen, mit anderen Worten: wie weit sich diese nach N. erstreckt, ist heute noch nicht abzusehen. Der Nachweis kann dadurch erschwert sein, dass vielleicht auf grosse Strecken hin gleichalterige Glieder (z. B. Hauptdolomit) als Überschobenes und Übergeschobenes aneinanderstossen. Man ist allerdings versucht, in der Trennungslinie zwischen den Muschelkalk-Partnachschichten der „Wamberger Scholle" und den nördlich daran grenzenden Raibler Schichten, den Nordrand des übergeschobenen Gebirges zu sehen. Es müsste dann angenommen werden, dass hier im N. die Decke

---

[1]) (1) S. 558.
[2]) (2) S. 122.
[3]) (2) S. 120.
[4]) Vergl. REIS S. 90.

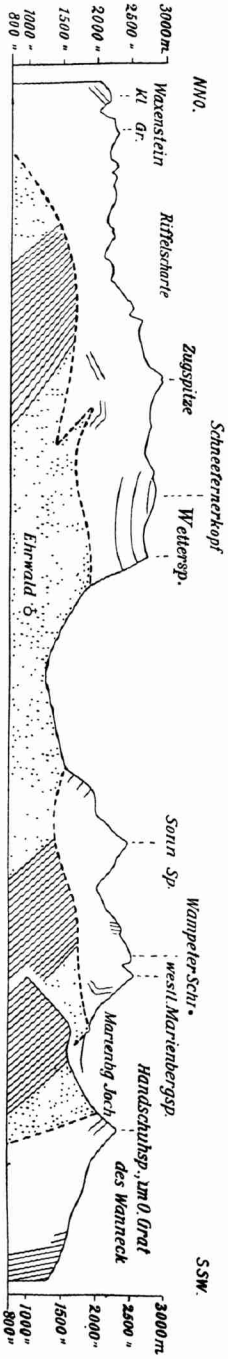


Fig. 2.

Schematischer Querschnitt durch die Wettersteindecke und ihren Untergrund bei Ehrwald (z. T. nach AMPFERER).

sich senke, wofür tatsächlich Anhaltspunkte vorliegen und dass die Unterlage, zu der die Krottenkopfmasse gehören würde, emporgehoben sei; man müsste dann aber auch annehmen, dass in der Gegend des Barmsees Raibler Schichten auf Raibler Schichten zu liegen gekommen seien. Es besteht aber andererseits auch die Möglichkeit, dass die Unterlage von Wetterstein und weiter nördlich dazugehörigen Teilen in der Gegend des Eibsees ganz oder fast ganz unter die heutige Oberfläche sinkt; dabei würde es sich dann fragen, ob und wie weit die Unterlage in der Garmischer Gegend zutage liegt und wo sie weiterhin wieder auftaucht.

Um alle diese und andere sich aufdrängenden Möglichkeiten und Fragen zu diskutieren, bedarf es aber noch weiterer geologischer Detailaufnahmen. Wie immer jedoch die Verhältnisse im Norden liegen mögen, es genügt vollauf, dass sich die Wettersteinüberschiebung bis zum Zugmösel verfolgen lässt, um ihre Natur als Deckenüberschiebung erkennen zu können!

Die Zone der jungen Schichten am Süd- und am Westrande des Wetterstein streicht nach W. hin ungehindert in die „Bichelbacher Mulde", wie AMPFERER sie genannt hat, fort. Den Nordflügel dieser Mulde bildet der Hauptdolomit des Daniel, der in der Törlenmasse weiterstreicht. Diese ist offenbar nach N. über jüngere Schichten übergeschoben, die am Südufer des Eibsees auftreten; in deren Streichfortsetzung liegt das Rhät des Zugmösels. Südlich der Bichelbacher Mulde folgt der Hauptdolomit des Grubigstein und der Gartnerwand, dessen östliche Fortsetzung, wie wir oben ausführten, unter die Westseite der Mieminger untertaucht. Es ist also der östliche Rand eines

Teils der Lechtaler Alpen[1]), der hier nach O. unter Wetterstein und Mieminger untertaucht. Die Lechtaler tauchen aber — wenn wir uns an früher Gesagtes erinnern — auch gen Süden unter den Zug Heiterwand-Wanneck unter. Was unter Mieminger, Wetterstein und Karwendel begraben liegt, kommt nur in schmalen, tiefgelegenen Zonen ans Tageslicht. Bei Ehrwald aber taucht das begrabene Gebirge auf und erhebt sich zu selbständigen Bergkämmen. Also nicht „ineinander verzahnt" sind hier Lechtaler Alpen und Mieminger-Wetterstein, sondern sie liegen deckenförmig übereinander; gezähnt, ausgefranst sind die Ränder der Decke.

Wir haben hier eine höhere Teildecke der ostalpinen Decke vor uns, die wir die **„Wettersteindecke"** nennen wollen; sie senkt sich östlich von Ehrwald gegen O. und südlich von Ehrwald gegen S. Es wird künftighin zu untersuchen sein, was alles von den nördlichen Kalkalpen ihr angehört. Die Wettersteindecke bleibt eine Strecke weit nach O. hin die höchste ostalpine Teildecke, scheint weiter östlich aber selbst wieder von höheren Teildecken überschoben zu werden.

Es ist nicht ganz richtig, wenn Ampferer sagt[2]), dass die beiden Bergländer (Lechtaler und Mieminger-Wetterstein) „gleichlaufend gefaltet" seien, worin er einen, übrigens recht wenig stichhaltigen Grund gegen einen Deckenschub erblickt. Die Wettersteindecke macht durchaus nicht alle Mulden und Sättel ihrer Unterlage mit; diese werden vielmehr — siehe Fig. 2 — von der Überschiebung mehr oder weniger abgeschnitten; die Schichtglieder der Lechtaler Alpen, die an die Überschiebungsfläche anstossen, wechseln von Neokom bis Hauptdolomit; die Lechtaler sinken mit einem ausgeprägten selbständigen Faltenwurf unter die Wettersteindecke. Dies drängt zu der Vorstellung, dass der Faltenwurf dem Überschiebungsvorgang vorausgegangen sei; oder man müsste ihn als Schleppungserscheinung deuten, als Wirkung der Überschiebung selbst.

Dass auch die Decke mit der Unterlage zusammen der Faltung unterlag, sahen wir oben auf der Strecke zwischen Feldernjöchl und Scharnitzjoch. Wir können nicht entscheiden, ob dies gleichzeitig mit der Überschiebung oder später geschehen ist. Aber auch bei letzterer Annahme bleibt es gewiss nicht „unverständlich, warum die Überschiebungsdecke zu dem eingeschlossenen Streifen jüngerer Schichten nicht in einfacher Muldenbeziehung steht", wie Ampferer[3]) gemeint hat.

Soweit wir die Wettersteindecke hier betrachtet haben, besteht sie nur aus älterer Trias bis Hauptdolomit einschliesslich. Ausser

[1]) Vergl. Ampferer (1) S. 559 u. 2.
[2]) (1) S. 559.
[3]) (1) S. 559.

dem Hauptdolomit am Nordrand des Wettersteingebirges gehören hieher die Hauptdolomitgebiete der Seefelder Berge, zum Teil eine Fortsetzung der Gaistalmulde, sowie das südliche Mieminger Vorgebirge. Für die Seefelder Gruppe und die anschliessenden Teile des Karwendel hat AMPFERER[1]) gezeigt, dass sie schon vor der Faltung Schichten jünger als Hauptdolomit oder Plattenkalk nicht besessen hatten. Es wird sich aber noch zeigen müssen, ob dieses Gesetz für die ganze Erstreckung der Wettersteindecke gilt, oder ob in anderen Gegenden nicht doch noch jüngere Schichten über dem Hauptdolomit liegen. Vorläufig konstatieren wir nur für die nähere und weitere Umgebung Ehrwalds und für das Karwendel eine „Schichtverarmung" der Wettersteindecke, im Vergleich zu ihrem basalen Gebirge. Denn in diesem spielen jüngere Absätze vom Hauptdolomit bis hinauf in die Kreide eine grosse Rolle.

AMPFERER (1. u. 2) hat auf diese „Zerlegung des ganzen Landes in Gebiete von sehr verschiedenem Schichtreichtum"[2]) ausdrücklich hingewiesen. Für ihn sind dabei[3]) die Gebiete vorwiegend älterer Trias gehobene Schollen, die angrenzenden Lechtaler Alpen und die schmalen Zonen junger Gesteine innerhalb der älteren Triasgebiete dagegen Senkungsgebiete, zum Teil schmale Gräben. Die Hebungen und Senkungen seien vor der eigentlichen Alpenfaltung erfolgt, und die gehobenen Gebiete seien „von der Erosion in ihrem Schichtbesitz verarmt worden".

Für mich gehören hier die Züge mit älterem Schichtbestand einer höheren Decke an. Sie liegt jetzt auf den Gebieten mit jungem Schichtbesitz, lag einstmals aber (südlich) hinter diesen. Dadurch werden die Verschiedenheiten im Schichtbestand leichter verständlich. Sollten sich diese nicht auf die vorgosauische Gebirgsbewegung, Trockenlegung und Erosionsarbeit zurückführen lassen? Es will mir überhaupt scheinen, als besässen wir in Verteilung und Ausbildung der Gosau- und Cenomanreste ein wertvolles Hilfsmittel zur Unterscheidung einzelner ostalpiner Teildecken im Bereiche der nordtiroler und bayerischen Kalkalpen.

Die Theorie vom Deckenbau der Alpen hat schon in verschiedenen Gegenden der Ostalpen ihre Brauchbarkeit erwiesen. Auf die Verhältnisse in der Umgebung Ehrwalds ist sie ebenfalls durchaus anwendbar. Ich meine, die Deckentheorie könnte auch in andere Teile der nördlichen Kalkalpen mehr Licht bringen, und möchte diesbezüglich die Aufmerksamkeit auf die nicht allzu fernen Vilser Alpen lenken und ihre östliche Fortsetzung bis zum Loisachtal. Man lese nur nach, was ROTHPLETZ[4]) darüber schreibt. Wir haben dort eine Reihe von Nord nach Süd angeordneter Zonen mit einer ganz be-

[1]) (1) S. 460 u. (2) S. 119.
[2]) (1) 556.
[3]) (1) 559.
[4]) Alpenforschungen II, S. 183—185.

stimmten Fazies einzelner Schichtglieder; diese Zonen sind durch tektonische Linien voneinander getrennt. Die ursprünglich getrennten Faziesgebiete sind durch tektonische Bewegung „aneinander" geschoben. Nur denken wir sie uns nicht mit Rothpletz von Ost nach West her aneinander geschoben, sondern von Süd nach Nord übereinander; und dass die einzelnen Schollen tatsächlich übereinander greifen und sich in meridionaler Richtung gegenseitig überschieben, wird ja auch von Rothpletz zugegeben. Er sieht darin freilich nur eine Sekundärerscheinung, wir das Primäre.

Die Rothpletz'sche Vorstellung, ausgedehnter Ost-Westbewegungen im Streichen des Gebirges, ist von Reis auf das Wetterstein übertragen worden. Meines Erachtens nach mit Unrecht. Die Ansicht vom Vorhandensein einer Longitudinalspalte am Südrande des Wetterstein scheint mir gänzlich unhaltbar, worauf ich schon hingewiesen habe. Auch kann bei dem innigen Zusammenhang von Wetterstein und Karwendel unmöglich angenommen werden, dass die Wettersteinüberschiebung in longitudinaler Richtung erfolgt sei, nachdem im Karwendel für dieselbe Überschiebung eine transversale Bewegungsrichtung nicht von der Hand zu weisen ist. Eine solche Richtung nimmt ja auch Rothpletz[1]) für die tatsächlichen Überschiebungen des Karwendels an. Reis will den Querstreifen unter dem Issentalköpfl durch einen O.-Westschub abgelenkt sein lassen; genau so könnte aber auch ein S.-Nordschub ablenken. Das ganze Bewegungsbild von Wetterstein, Mieminger und Karwendel[2]) ist Süd-Nord. Aus den inneren Teilen des Wettersteingebirges hat Reis zahlreiche Beispiele von Teilüberschiebungen (Schuppenstruktur) gebracht; für alle diese muss er selbst eine süd-nördliche Druck- und Bewegungsrichtung annehmen. Auch die zahlreichen Quersprünge weisen auf eine süd-nördliche Druckrichtung; doch sind sie nicht beweisend für die Richtung des Deckenschubs, da sie bedeutend jünger sein können.

Rutschstreifen zeugen gewiss von einer stattgefundenen Bewegung in ihrer Richtung, sagen aber nichts aus über die Zeit und die Grösse dieser Bewegung; sie kann ganz untergeordneter Natur sein. So beweisen ost-westliche Rutschstreifen und Rutschflächen gar nichts gegen eine Süd-Nord-Schubrichtung. Es ist aber doch bezeichnend, dass ost-westliche Rutschstreifen gerade immer an den wichtigsten Stellen, an den grossen Überschiebungslinien, „leider" nicht erhalten sind. Darüber klagt Rothpletz[3]) des öfteren. In einer so spröden Masse, wie es der Wettersteinkalk ist, darf man auch wohl Rutschflächen und Rutschstreifen in allen Richtungen erwarten und beob-

[1]) Alpenforschungen II, S. 185—204.

[2]) Vergl. dazu Ampferer, Bemerkungen zu A. Rothpletz: Geolog. Alpenforschungen II. Verh. d. k. k. Geol. R. A. 1906. S. 272.

[3]) Vergl. Alpenforschungen II an verschiedenen Stellen.

achtet sie solchermassen im Wettersteingebirge auch tatsächlich, oft auf kleinem Raume beisammen.

Das Einzige, was man im Wetterstein für eine Ost-Westbewegung geltend machen könnte, ist sein plötzliches westliches Ende, das man, wie REIS es getan hat, als Stirnrand deuten könnte. Der Westrand des Wettersteins ist aber gar nicht das westliche Ende der Wettersteindecke, ihr südlicher Teil erstreckt sich bis zur Heiterwand, und nach AMPFERER[1]) sogar noch viel weiter nach W. (Mit Fazieswechsel Wettersteinkalk-Arlbergkalk im Streichen?) Warum aber dann im Wettersteingebirge schon ein frühzeitiges westliches Ende? Die Decke hebt sich hier von Ost nach West; sie mag ursprünglich auch hier sich weiter nach Westen erstreckt haben und heute westlich der Loisach und nördlich der Heiterwandlinie wegen ihrer höheren Lage von der Erosion entfernt worden sein; wir könnten uns aber auch gut vorstellen, dass die Wettersteindecke dort überhaupt nie so weit nördlich vorgetrieben wurde, wie im Wetterstein. Ob sie aber im W. nördlich der Heiterwandlinie wirklich so ganz fehlt, müssen erst weitere Untersuchungen zeigen; vielleicht werden solche doch eine andere Vermutung bestätigen: dass wir in einzelnen in den Lechtaler Alpen vorhandenen Schubmassen[2]) Reste der Wettersteindecke erblicken dürfen; so besonders auch in den Tannheimer Bergen.

Wie sich westlich vom Rhein die ostalpine Decke hebt und dann nur noch in spärlichen Resten erhalten ist, so vollzieht sich westlich des Ehrwalder Tales ähnliches mit einer ostalpinen Teildecke; eine solche hebt sich hier nach W. hin, und damit wechselt auch hier der Charakter der Berge, freilich in weit geringerem Masse als jenseits des Rheins. Wie immer sich aber die Anschauungen über den Bau der Alpen noch wandeln mögen, für die Auffassung grosser Teile der nördlichen Kalkalpen wird die Deutung der Verhältnisse bei Ehrwald stets von prinzipieller Wichtigkeit sein.

Nachschrift. Dieser Aufsatz war bereits gesetzt, als der „Geologische Querschnitt durch die Ostalpen vom Allgäu zum Gardasee" von O. AMPFERER und W. HAMMER erschien (Jahrb. k. k. geol. R.-A. Bd. 61. Wien 1911), worin auch das Mieminger- und Wettersteingebirge in den Kreis der Betrachtungen gezogen wird (S. 681—683 u. Fig. 24). Dort spricht AMPFERER aus, dass nunmehr auch für ihn Karwendel, Wetterstein, Mieminger, Heiterwand etc. zu einer Schubmasse gehören, die teilweise auf die Lechtaler Alpen übergreife. Mit Resten der Wettersteindecke nördlich der Hinterwandlinie und westlich der Loisach rechnet AMPFERER im „Querschnitt" jedoch nicht.

[1]) Aus den Allgäuer und Lechtaler Alpen. Verh. k. k. geol. R. A. Wien 1910. S. 59.

[2]) Vergl. AMPFERER u. OHNESORG: Über exotische Gerölle i. d. Gosau etc. Jahrb. k. k. geol. R. A. 1909.

II. Besprechungen.

A. Unter der Redaktion der Geologischen Vereinigung.

Paläogeographische Fragen.

Von **Dr. Th. Arldt** (Radeberg).

Mit Taf. III.

Literatur.

1. Th. Arldt: Die Entwickelung der Kontinente und ihrer Lebewelt. Leipzig 1907.
2. — Die Grösse der alten Kontinente. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 1907. I. S. 32—44.
3. — Die geographische Lage der abyssischen Gräben. Globus **93**. 1908. S. 60–63.
4. — Die historische Geographie der Lebewesen, Paläobiogeographie. Gaea **45**. 1909. S. 38—49.
5. — Der Mars, das Zukunftsbild der Erde? Gaea **45**. 1909. S. 298—305.
6. — Methoden und Bedeutung der Paläogeographie. Petermann's Mitteilungen 1910. II. S. 229—233.
7. A. Brun: Recherches sur l'exhalaison volcanique. Paris 1911.
8. J. M. Clarke, D. D. Luther and H. L. Fairchild: Geologic Maps and Descriptions of the Portage and Nunda Quadrangles. New-York. State Museum. Mem. No. 9. 1908.
9. F. Frech: Lethaea geognostica. Paläozoikum II. Stuttgart. 1898—1902; Trias 1908.
10. A. W. Grabau: Physical and faunal Evolution of North America during Ordovicic, Siluric and early Devonic Time. Journal of Geology **17**. 1909. p. 209—252.
11. H. v. Ihering: Die geographische Verbreitung der Flussmuscheln. Ausland 1890. S. 941—944. 968—973.
12. — Über die alten Beziehungen zwischen Neuseeland und Südamerika. Ausland 1891. S. 344—351.
13. — Die Paläogeographie Südamerikas. Ausland 1893.
14. — Najaden von S. Paulo und die geographische Verbreitung der Süsswasserfaunen von Südamerika. Archiv für Naturgeschichte 1893. S. 45—140.
15. — Das neotropische Florengebiet und seine Geschichte. Engler's Botanische Jahrbücher **17**. 1893. S. 1–54.
16. — The History of the Neotropical Region. Science **12**. 1900. p. 857–864.
17. — Archhelenis und Archinotis. Leipzig 1907.
18. — Die Entstehungsgeschichte der Fauna der neotropischen Region. Verh. d. k. k. zool.-bot. Gesellschaft in Wien. 1908. S. 282—302.

19. H. v. Ihering: System und Verbreitung der Heliciden. Verh. d. k. k. zool.-b. Gesellschaft in Wien 1909. S. 420–455.
20. — Systematik, Verbreitung und Geschichte der südamerikanischen Raubtiere. Archiv für Naturgeschichte **76**. 1910. I. S. 113—177.
21. E. Koken: Die Vorwelt und ihre Entwickelungsgeschichte. Leipzig 1893.
22. — Indisches Perm und die permische Eiszeit. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 1907. Festband. S. 446—546.
23. — Indisches Perm und die permische Eiszeit. Nachträge. Zentralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 1908. S. 449—461.
24. F. Kossmat: Paläogeographie. Leipzig 1908.
25. A. de Lapparent: Traité de Géologie. 5 ed. 1906.
26. W. D. Matthew: Hypothetical Outlines of the Continents in Tertiary Times. Bulletin of the American Museum of Natural History **22**. 1906. p. 353—383.
27. M. Neumayr: Die geographische Verbreitung der Juraformation. Denkschriften der k. Akad. der Wissenschaften Math. naturw. Klasse **50**. 1885. S. 57—142.
28. — Erdgeschichte. Leipzig 1886/87. 2. Aufl. 1895.
29. A. E. Ortmann: The geographical Distribution of freshwater Decapods and its Bearing upon ancient Geography. Proceedings of the American Philosophical Society Philadelphia **41**. 1902. p. 267–400.
30. W. Ramsay: Orogenesis und Klima. Öfersigt af Finska Vetenskaps Societetens Förhandlingar **52** A. 1910. S. 1—48.
31. F. v. Richthofen: Über Gestalt und Gliederung einer Grundlinie in der Morphologie Ostasiens. Sitzungsbericht der kgl. preuss. Akad. d. Wissenschaften zu Berlin, phys. math. Klasse 1900. Heft **40**. 38 S.
32. — Gestalt und Gliederung der ostasiatischen Küstenbogen. Ebenda 1901 Heft 36. 27. S.
33. — Die morphologische Stellung von Formosa und den Riukiu-Inseln. Ebenda 1902. Heft 40. 32. S.
34. — Über Gebirgskettungen in Ostasien mit Ausschluss von Japan. Gebirgskettungen im Japanischen Bogen. Ebenda 1903. Heft **40**. 52 S.
35. F. Sacco: Essai sur l'orogénie de la Terre. Turin 1906.
36. Ch. Schuchert: Palaeogeography of North America. Bulletin of the Geological Society of America **20**. 1910. p. 427—606.
37. W. B. Scott: An Introduction to Geology 2. ed. New York 1907. 816 p.
38. H. Simroth: Die Pendulationstheorie. Leipzig 1907.
39. A. C. Veatch: Geology and Underground Water Resources of Northern Louisiana and Southern Arkansas. Professional Paper No. 46 of the U. S. Geological Survey 1906. **422**. p.
40. A. R. Wallace: The geographical Distribution of Animals. London 1876.
41. — Island Life or the Phenomena or Causes of insular Faunas and Floras including a Revision and attempted Solution of the Problem of geological Climates. London 1880. 2. Ed. 1894.
42. B. Willis: Paleogeographic Maps of North America. Journal of Geology **17**. 1909. p. 203—208, 253–256, 286–288, 342—345, 403–409, 424–428, 503—508, 600–602.
43. — Principles of Paleogeography. Science **31**. 1910. p. 241—260.
44. L. Wilser: Der nordische Schöpfungsherd. Zeitschrift für den Ausbau der Entwickelungslehre **3**. 1909. S. 121–138.

Die Paläogeographie, die Geographie der vergangenen Perioden der Erdgeschichte, ist zwar eine verhältnismäßig junge Wissenschaft, immerhin weist sie schon recht beachtenswerte Resultate auf, und gerade in den letzten Jahren ist fleissig auf ihren Gebieten gearbeitet

worden, stellt doch z. B. Schuchert (36) fest, dass seit 1863, in welchem Jahre die drei ersten wissenschaftlichen paläogeographischen Karten von Dana in der ersten Auflage seines Manual of Geology veröffentlicht wurden, bis Ende 1909 nicht weniger als 306 verschiedene paläogeographische Karten erschienen sind. Davon entfallen auf Schuchert (36) selbst 50 Karten, die die Entwicklung Nordamerikas vom Kambrium an darstellen und besonders auch die paläozoischen Zeiten eingehend berücksichtigen, auf die 35 Karten entfallen. Sonst seien aus den letzten fünf Jahren noch erwähnt Willis (42), der 15 paläogeographische Karten von Nordamerika veröffentlichte, Grabau (10) mit fünf, Clarke (8) mit zwei, Veatch (39) mit zehn paläozoischen Karten Nordamerikas oder von Teilen dieses Kontinentes, Scott (37) mit acht Karten des gleichen Festlandes. Paläogeographische Karten der ganzen Erde finden wir in den gleichen Jahren z. B. bei Matthew (26), Koken (21, 22, 23), Frech (9), Lapparent (25), Kossmat (24) auf vorwiegend geologischer Grundlage, bei Ihering (13, 17), Ortmann (20) und Arldt (1) mehr auf zoogeographischer. Ausserordentlich zahlreich sind auch die Arbeiten, die sich mit der Paläoklimatologie beschäftigen, auch zur Paläobiogeographie sind wertvolle Beiträge geliefert worden und viele andere Arbeiten beziehen sich auf speziellere Gebiete, während einige, wie Willis (43) sich auch mit allgemeinen Prinzipien der Paläogeographie befassen (4, 6).

In vielen Fragen ist durch diese zahlreichen Arbeiten eine Klärung herbeigeführt worden. So hat die Annahme einer permischen Eiszeit jetzt wohl ziemlich allgemeinen Anklang gefunden. Aber auf der anderen Seite gibt es doch noch zahlreiche Probleme, bei denen sich die Ansichten noch ganz unvermittelt gegenüberstehen, so in der Paläoklimatologie über die Bedeutung der Zwischeneiszeiten und damit über die Einheit oder Vielheit der Glazialperioden, in der Paläobiogeographie über die Frage, ob wir ein einziges Hauptentwicklungszentrum aller Lebewesen anzunehmen haben, wie das Simroth (38) oder auch Wilser (44) annehmen, oder ob jeder Kontinent, jedes Meeresbecken eigene Ausbreitungsherde repräsentieren. Solche Probleme gibt es auch bei der Paläogeographie im alten engen Sinne, soweit sie sich mit der Feststellung der Verteilung von Land und Meer in früheren Erdperioden beschäftigt. Hier ist man z. B. über eine Hauptfrage noch nicht zur endgültigen Einigung gelangt, die schon seit Jahrzehnten von Geologen und Biologen heiss umkämpft wird, die Frage von der Permanenz der Kontinentalblöcke und Ozeanbecken. Während die europäischen Geologen fast durchweg gegen die Permanenz sich ausgesprochen haben und für die vergangenen Erdperioden teilweise eine von der heutigen durchaus abweichende Verteilung von Land und Meer annehmen, lassen die amerikanischen wie Willis und Schuchert sie wenigstens in der Hauptsache gelten, ein Unterschied der Auffassung, der sich durch die verschiedene

geologische Geschichte des nordamerikanischen und des europäischen Kontinents erklärt. Die gleiche Verschiedenheit treffen wir übrigens auch bei den Biogeographen, unter denen WALLACE (40, 41) als Anhänger der Permanenz, v. IHERING (11—20) als ihr Gegner erwähnt sei. Mit dieser Frage hängen eine Anzahl anderer eng zusammen, so die nach der Grösse der alten Kontinente und Ozeane, nach dem Alter der Tiefsee und nach der Lage der Gebirge zu den alten Kontinenten. Auf diese Fragen soll im folgenden etwas näher eingegangen werden.

Vor einigen Jahren habe ich den Versuch gemacht, die Grösse der alten Kontinente auf paläogeographischen Karten auszumessen (2). Wer weiss, wie unsicher im einzelnen und selbst oft in grossen Zügen die Linienführung solcher Karten ist, wird den absoluten Werten dieser Grössenzahlen keine allzugrosse Bedeutung beimessen. Immerhin bieten sie doch in vielfacher Beziehung Interesse, indem sie uns erst die paläogeographischen Karten recht auffassen lehren. Diese sind ja meist auf Merkatorkarten entworfen, also alles andere als flächentreu. Auf ihnen erscheinen immer die Nordkontinente zu gross, die südlichen, besonders das alte Gondwanaland, viel zu klein. Dabei ergab sich als auffällige Tatsache, dass für die Gesamtgrösse des festen Landes ziemlich hohe Werte ermittelt wurden. Dies erklärt sich teilweise durch den einfachen Verlauf der Küstenlinien auf palägeographischen Karten grosser Erdräume, der sich mit dem Verlaufe der Meeresisobathen vergleichen lässt. Dann können wir bei den alten Kontinenten nicht immer scharf zwischen Küstenlinien und Kontinentalsockelgrenze unterscheiden. Alle ermittelten Werte vom Kambrium bis zum Quartär sind grösser als 135 Mill. qkm, die jetzige Grösse der Kontinente ohne das antarktische Gebiet, das wir paläogeographisch so gut wie gar nicht kennen, aber kleiner als 222 Mill. qkm, die ungefähre Grösse der jetzigen Kontinentalsockel, dem freilich z. B. der Wert für die Untertrias mit 218 Mill. qkm sehr nahe kommt. Es scheint hiernach also doch früher das Land wenigstens teilweise ausgedehnter gewesen zu sein.

Dagegen lässt sich nun der Einwand erheben, der auch von WILLIS tatsächlich erhoben worden ist, wo denn dann früher die Gewässer waren, wenn die Becken früher so klein waren, oder wo sie hergekommen sind, wenn sie sich während der postkambrischen Perioden erst gesammelt haben. Es wird zur Beantwortung dieser Fragen zweckmässig sein, zunächst einmal die mittlere Tiefe der Ozeane für die einzelnen Perioden zu berechnen unter der Voraussetzung, dass sich der Rauminhalt der Meere nicht wesentlich geändert habe. Nehmen wir die gegenwärtige mittlere Tiefe mit rund 3500 m an, so ergeben sich folgende Werte, wobei aber von den Gebieten südlich von 60^0 südlicher Breite abzusehen ist:

	Land in Mill. qkm	Meer in Mill. qkm	mittlere Tiefe[1]) der Ozeane in m
Gegenwart	135	340	3500
Quartär	151	324	3700
Pliozän	168	307	3900
Miozän	160 (154 ?)	315 (321 ?)	3800 (3700 ?)
Oligozän	146 (138 ?)	329 (337 ?)	3600 (3500 ?)
Eozän	185 (177 ?)	290 (298 ?)	4100 (4000 ?)
Senon	183	292	4100
Cenoman	162	313	3800
Neokom	174	301	4000
Malm	178	297	4000
Lias, Dogger	203	272	4400
Keuper	209	266	4500
Untertrias	218	257	4600
Oberperm	152	323	3700
Unterperm	176	299	4000
Oberstes Karbon	185	290	4100
Oberkarbon	193	282	4200
Unterkarbon	189	286	4200
Oberdevon	179	296	4000
Unterdevon	215	260	4600
Obersilur	181	294	4000
Untersilur	198	277	4300
Oberkambrium	169	307	3900
Unterkambrium	147	328	3600

Die beim älteren und mittleren Tertiär in Klammern gesetzten Zahlen beziehen sich auf die Annahme eines innerasiatischen „Hanhai" und eines Amazonasmeeres, die noch nicht genügend gesichert erscheinen. Wir sehen aus den Zahlen, dass die Schwankungen der mittleren Tiefe durchaus nicht so gross sind, als die Schwankungen der Grösse der Kontinente. Während diese während ihres mutmasslichen Maximums, in der Untertrias um etwa 62 % grösser gewesen sein könnten als jetzt, würde die zur Unterbringung der ozeanischen Gewässer erforderliche mittlere Tiefe nur um etwa 31 % grösser sein müssen als heute. Auch absolut genommen bieten diese Zahlen nichts absolut undenkbares, liegen doch noch jetzt ausserordentlich grosse Gebiete des Meeresbodens in Tiefen, die noch über 4600 Meter hinausgehen, so fast der ganze nordpazifische Ozean zwischen Melanesien, den Philippinen, Japan, den Kurilen und Aleuten, Nordamerika und den Marquesas-Inseln, mit Ausnahme der vom Marianenbogen und vom Hawaiizuge eingenommenen Gebiete, ferner der südpazifische Ozean östlich von Neuseeland und Tonga und südlich von den Cook- und den Tubuai-Inseln, dann der Indische Ozean zwischen den

[1]) Auf Hunderter abgerundet.

Maskarenen, den Tschagosinseln, Sumatra, Java, Westaustralien und Tasmanien, sowie im Atlantischen Ozean die Becken zwischen der Union, Westindien und den Azoren, Kap Verdischen Inseln, St. Paul und Guayana, zwischen St. Paul, Brasilien, Südgeorgien und der mittelatlantischen Schwelle und endlich zwischen dieser und Westafrika, also nicht weniger als sieben grosse Becken, abgesehen von verschiedenen kleineren. Man kann also keinesfalls es als unmöglich ansehen, dass in vergangenen Zeiten das Meer zeitweilig eine derartige mittlere Tiefe gehabt hätte. Immerhin ist es recht gut möglich, dass die Grössen der alten Kontinente und damit die mittleren Tiefen des Ozeans noch beträchtlich zu reduzieren sind. Die grossen Werte, die uns besonders im Untersilur, Unterdevon, Oberkarbon und in der Trias begegnen, werden hervorgerufen durch die Annahme eines gewaltigen Südkontinentes, der den südatlantischen und Indischen Ozean überbrückte. Nun führen uns die geologischen und biogeographischen Tatsachen zunächst nur zu der Annahme, dass die jetzigen archäischen Kerne von Südamerika, Afrika, Madagaskar, Vorderindien und Australien landfest miteinander verbunden waren, aber ob die Brücken so breit waren, wie dies die paläogeographischen Karten meist angeben, dafür haben wir keinen sicheren Anhalt. Interessant ist in dieser Beziehung ein Vergleich des südatlantischen Kontinentes der oberen Jurazeit, wie ihn NEUMAYR (27, 28) und wie ihn LAPPARENT (25) rekonstruierte. Während der erste die Küstenlinien geradlinig quer über den Ozean führte, zeichnete sie letzterer in nach den angrenzenden Meeren offenem Bogen, so dass bei ihm der Kontinent in der Mitte viel schmäler erscheint, während er bei NEUMAYR überall annähernd gleichbreit ist. Wenn wir auch bei dem paläozoischen Gondwanalande die Küsten ähnlich wie LAPPARENT zeichnen würden, so erhalten wir schon beträchtlich kleinere Gebiete für das Festland. Auch noch eine andere Möglichkeit müssen wir ins Auge fassen. Innerhalb der grossen Kontinente können ausgedehnte Binnenseen sich befunden haben, die Millionen von Quadratkilometern bedeckten, wie nachweislich im Pliozän das sarmatische Mittelmeer in Südosteuropa, oder wie die grossen Oldredseen des Devon. Wenn diese Binnenmeere wohl auch nicht allzutief gewesen sein werden, so wurden doch dadurch beträchtliche Wassermengen innerhalb des Kontinentsockels aufgespeichert und dadurch die mittlere Tiefe der Ozeane etwas erniedrigt.

Wir haben bisher gesehen, dass wir unter der Voraussetzung einer sich gleichbleibenden Wassermenge der Ozeane auch bei den grössten für die Ausdehnung des Landes angenommenen Werten nicht zu mittleren Tiefen für die Ozeane kommen, die über die Grenzen der Möglichkeit hinausgingen. Diese Voraussetzung ist freilich sicherlich nicht unbedingt richtig. Der Wasserbestand der Ozeane dürfte kaum konstant sein. Wir kennen verschiedene Faktoren, die den freien Wasservorrat an der Erdoberfläche verringern und andere, die ihn

vermehren. Je weiter die Abkühlung der Erdkruste und damit ihre Verdickung fortschreitet, um so mehr Wasser muss als Hydratwasser und Kristallwasser chemisch und physikalisch gebunden werden, um so mehr Wasser wird auch als Bergfeuchtigkeit mechanisch in den Gesteinen eingeschlossen. Vereinzelt hat man ja daraus den Schluss gezogen, dass der Wasservorrat auf der Erdoberfläche ständig geringer werden müsse, so in neuerer Zeit noch Sacco (35)! Die geologischen Befunde stimmen aber gar nicht zu einer derartigen Auffassung der Frage. Als unsere geologischen Kenntnisse noch vorwiegend auf Europa beschränkt waren, da konnte man wohl noch an einen weltumspannenden Ozean der kambrischen, silurischen, devonischen und unterkarbonischen Zeit denken, aus dem nur kleine Inseln emporragten, die erst im Oberkarbon zu grösseren Landgebieten verwuchsen. Denn diese alten Formationen sind hier tatsächlich vorwiegend durch rein marine Schichten vertreten. Unsere jetzige umfassendere Kenntnis hat uns aber gelehrt, dass auch schon im Kambrium mächtige Kontinente vorhanden waren, die verschiedene Meeresprovinzen mit eigenartigen Faunen voneinander trennten, und an deren Gestaden mächtige Ströme gewaltige Trümmermassen als Konglomerate, Grauwacken und andere klastische Gesteine ablagerten. Sehen wir uns die oben angegebenen Zahlen an, so sehen wir auch, dass in keiner Weise von einer Abnahme der Meeresflächen die Rede sein kann, dass diese früher eher kleiner waren als gegenwärtig. Denn berechnen wir die Mittelwerte für die Hauptperioden, so erhalten wir für die Grösse der Ozeane in Mill. qkm

Gegenwart	340	Perm	311
Känozoikum	312—317	Karbon	286
Kreide	302	Devon	278
Jura	280	Silur	286
Trias	262	Kambrium	318

Wir sehen, dass sich hier für die älteren Formationen im allgemeinen eine kleinere Ausdehnung der Ozeane ergibt, nur das Kambrium und das Perm machen eine Ausnahme. Es ist nun nicht ohne Interesse, damit zusammenzuhalten, dass das Perm eine sicher nachgewiesene Eiszeit einschliesst, und dass man auch Grund zu der Annahme einer kambrischen Eiszeit hat. Zur Bildung von grösseren Eismassen gehört ja auch ein nicht zu kontinentales Klima. Ein solches können wir aber bei kleineren Kontinenten eher erwarten. Das Zusammentreffen der Eiszeiten mit den grössten Ausdehnungen der Meere im Kambrium, Perm und Quartär ist also sehr bezeichnend. Andererseits fallen die Minima der Ozeanflächen, bei denen wir ausgesprochen kontinentales Klima erwarten müssen, mit den beiden Hauptperioden der „Roten Sandsteine", mit dem Devon und der Trias zusammen. Diese roten Sandsteine werden ja tatsächlich jetzt allgemein als Wüstenbildungen betrachtet. Die angegebenen Zahlen-

werte stimmen also recht gut zu dem uns bekannten Klimacharakter grosser Gebiete der betreffenden Perioden und dürften hiernach wenigstens relativ richtig sein, wenn sie auch auf absolute Genauigkeit keinen Anspruch machen können.

Wenn aber auch in den älteren Formationen anscheinend kleinere Meere existierten als später, so ist diese Tendenz doch durchaus nicht entschieden ausgeprägt, da weder die Maxima noch die Minima ständig anwachsen. Vielmehr scheint ein ziemlich unregelmässiges Aufundabschwanken vorhanden zu sein. Dies erklärt sich aus den Wasser fördernden Faktoren, die nicht ständig gleichmässig wirken, wie die Wasser verzehrenden wie die Hydratisation, Kristallisation usw., sondern in periodischen Schwankungen. Sie sind ja durchaus vulkanischer Natur, mag es sich um juvenile Quellen, um Fumarolen oder um die Aushauchungen tätiger Vulkane handeln, deren Rolle freilich durch die Arbeiten Bruns (7) etwas in Frage gestellt ist. Immerhin darf man doch wohl noch eine fortschreitende Entgasung des Erdinnern annehmen, die der Erdoberfläche ständig neue Wassermengen zuführt. Nun zeigen uns die geologischen Funde, dass vulkanische Eruptionen wohl in allen Perioden eingetreten sind, dass sie aber in gewissen Zeiten ebenso wie der Gebirgsfaltungsprozess eine maximale Entwicklung gefunden haben, während sie in anderen Perioden fast ganz aufhörten. Solche Perioden starker vulkanischer Tätigkeit waren das Algonkium, Silur und Devon, Oberkarbon und Unterperm, sowie das Tertiär. Nach solchen Zeiten sollten wir ein Anwachsen der Wassermengen und damit der Meere erwarten. Tatsächlich folgt der Eruptionsperiode des Algonkiums das Ozeanmaximum des Unterkambrium, der unterpermischen das Maximum im Oberperm, der tertiären das rezente Maximum und auch im Obersilur und im Oberdevon treten uns kleinere Maxima entgegen, die wir zu den Diabaseruptionen in Beziehung setzen könnten. Bloss bei dem cenomanen Maximum, das durch grossartige Transgressionen hervorgerufen wurde, scheint kein Eruptionsmaximum vorhergegangen zu sein.

Hiernach hat es den Anschein, als wenn die Zeiten einer grossen Ausdehnung der Ozeane gleichzeitig auch Zeiten grösseren Wasserreichtums gewesen wären. Da dadurch die mittlere Ozeantiefe in ihnen sich vergrössern musste, so dürfte diese geringeren Schwankungen unterworfen gewesen sein, als es unter der Voraussetzung der Konstanz der Wassermengen der Fall sein müsste. Wir könnten annehmen, dass bis zum Tertiär herauf mittlere Meerestiefen von etwa 4000 Meter und mehr sich ziemlich konstant erhalten hätten und brauchten nicht ein so hochgradiges Schwanken in der Ozeantiefe anzunehmen und das um so mehr, als wir annehmen dürfen, dass in den Perioden vulkanischer relativer Ruhe, wie z. B. in der Trias oder im Jura die Gesamtwassermenge eher kleiner gewesen ist, als jetzt, da wir doch eben eine vulkanische Periode unmittelbar hinter uns haben. Während also die mittleren

Tiefen im Kambrium, im Perm usw. wahrscheinlich etwas grösser waren, wie oben angegeben, waren sie in Trias und Jura usw. wohl etwas geringer, im Mittel vielleicht etwa 4100 Meter (Mittelwert der vortertiären Perioden). Merkwürdig ist nur der Umstand, dass die Minima der Ozeanflächen den grössten Ausdehnungen ziemlich rasch zu folgen pflegen, dass also die Abnahme der Meeresflächen nicht allmählich erfolgte, wie man das erwarten sollte. Es sind hier offenbar noch mehr Faktoren mit wirksam, die man bis jetzt noch nicht mit in Rechnung gesetzt hat. Immerhin dürfen wir sagen, dass die mittleren Meerestiefen anscheinend weniger sich verändert haben, als die wechselnde Grösse der Kontinente dies erwarten lassen sollte; dass die Maxima der Ozeanflächen den Zeiten stärkster vulkanischer Tätigkeit folgen, dass wir nur in ihnen Eiszeiten mit ihren durch ozeanisches Klima bedingten Vergletscherungen antreffen, dass die Minima der Meere dagegen mit einer grossen Ausdehnung von Wüsten zusammentreffen. Durch Hinzukommen weiterer Faktoren und deren zufälliges Zusammentreffen wird dann die scheinbar regellose Mannigfaltigkeit der Grössenwerte verursacht.

Für die Frage der Grösse und Tiefe der alten Ozeane ist nicht unwichtig die Feststellung des Alters der Tiefsee. Die mittlere Tiefe wird ja nicht unwesentlich durch das Vorhandensein tiefer abyssischer Gräben beeinflusst. Wenn diese fehlten, so wird dadurch eine grosse mittlere Tiefe weniger wahrscheinlich. Nun neigen verschiedene Geologen zu der Ansicht von einem sehr geringen Alter der Tiefsee, die erst auf die tertiäre Faltungsperiode zurückgehen soll. Ist es nun wahrscheinlich, dass es tatsächlich in den vorhergehenden Perioden noch keine abyssischen Gräben gegeben habe? Wir glauben diese Frage verneinen zu müssen. Die gegenwärtigen abyssischen Gräben schliessen sich durchweg an junge Faltengebirgszüge oder ihnen gleichwertige Inselzüge eng an, wie folgende Zusammenstellung zeigt (3):

I. Asiatischer Grabentypus: Aussenseite der Gebirgsbogen, etwa 10000—11000 Maximaldifferenz und meist über 8000 m absolute Tiefe.

1. Marianengraben:	9600	m	tief,	10100	m	Differenz	mit Marianen.
2. Kermadekgraben:	9400	„	„	10000	„	„	„ Kermadek-Inseln.
3. Tongagraben:	9200	„	„	10100	„	„	„ Tonga-inseln.
4. Philippinengraben:	8900	„	„	10800	„	„	„ Philippinen.
5. Puertoricograben:	8500	„	„	9700	„	„	„ Grossen Antillen.

6. Kurilengraben:	8500 m	tief,	10500 m	Differenz	mit	Kurilen u. japanischen Inseln.
7. Aleutengraben:	7300 „	„	10000 „	„	„	Aleuten.
8. Sundagraben:	7000 „	„	10500 „	„	„	Java.

II. Riukiugrabentypus: Doppelgraben, Hauptgraben auf der Aussenseite, etwa 8000 m Differenz und etwa 7000 m Tiefe.

9. Riukiutiefe:	7100 m	tief,	7800 m	Differenz	mit	Riukiuinseln.

III. Mediterraner Grabentypus: Innenseite von Gebirgsbogen, etwa 6—8000 m Differenz und 5—7000 m Tiefe.

10. Florestiefe:	5300 m	tief,	8000 m	Differenz	mit	kleinen Sundainseln.
11. Bandatiefe:	6500 „	„	7300 „	„	„	kleinen Sundainseln.
12. Bartlett-Tiefe:	6300 „	„	6300 „	„	„	Cayman Inseln.

IV. Südamerikanischer Grabentypus: Innenseite von Gebirgsbogen, etwa 10000—14000 m Differenz, aber unter 8000 m Tiefe.

13. Graben von Taltal:	7600 m	tief,	14300 m	Differenz	m.	Cordilleren von Chile.
14. Graben v. Arequipa:	6900 „	„	13000 „	„	„	Cordilleren v. Peru.
15. Graben von Iquique:	6500 „	„	13000 „	„	„	Cordilleren von Chile.
16. Graben von Lima:	6200 „	„	11000 „	„	„	Cordilleren von Peru.

Nur die einen fünften, ozeanischen Typus repräsentierende, 7200 m erreichende Romanchetiefe, westlich vom südatlantischen Walfischrücken schliesst sich nicht an ein junges Faltengebirge an. die Cayman Inseln sind ja auch nur niedrige Koralleninseln, liegen aber so ausgesprochen in der Richtung des südkubanischen Gebirges und der mittelamerikanischen Querketten, dass wir annehmen dürfen, sie seien auf einem versunkenen Stücke eines jungen Faltengebirgszuges aufgebaut. Es kann also keinem Zweifel unterliegen, dass die eigentlichen abyssischen Gräben mit den jungen Faltengebirgen in einem ursächlichen Zusammenhang stehen, und das um so weniger, als die nicht von abyssischen Gräben begleiteten Faltengebirge in der Regel wenigstens an ausgesprochene Senkungsfelder angrenzen, teils an ihrer Innenseite, teilweise aber auch aussen. Deren Bildung steht zweifellos mit der des Gebirges in ursächlichem Zusammenhange.

Von Gebirgsbogen mit innen eingeschlossenem Senkungsfelde seien erwähnt:

1. Der Alaska-Aleutenbogen mit dem Beringmeer (5400 m tief).
2. Der Kamtschatka-Kurilenbogen mit dem Ochotskischen Meere (3400 m).
3. Der japanische Bogen mit dem Japanischen Meere (3700 m).
4. Der Formoso-Luzon-Palawanbogen mit dem Südchinesischen Meere (5200 m).
5. Der Philippinenbogen mit der Sulu- und Celebessee (5100 m).
6. Der melanesische Bogen mit dem Korallenmeer (4700 m).
7. Der Tonga-Neuseelandbogen mit dem Fidschibecken (4400 m).
8. Der Rakiurabogen mit der Tasmansee (5900 m).
9. Der Marianenbogen mit dem Becken zwischen Marianen und Philippinen (8900 m).
10. Der Karolinenbogen mit dem Becken zwischen Karolinen und Melanesien (4800 m).
11. Der tyrrhenische Bogen (Sierra-Nevada-Atlas-Apenninen-Pyrenäen) mit dem westmediterranen Becken (3700 m).
12. Der Alpenbogen mit dem adriatischen Becken.
13. Der Karpatenbogen mit dem ungarischen Becken.
14. Der pontische Bogen (Balkan-Krim-Kaukasus) mit dem pontischen Becken (2600 m).
15. Der antillische Bogen mit dem karibischen Meere (3500 m).
16. Der kubanische Bogen mit dem Becken zwischen Kuba und Honduras (6200 m).
17. Der Sundabogen mit der Bandasee (6500 m).

Diese inneren Senkungsfelder finden sich also besonders im Osten des Grossen Ozeans und im mittelmeerischen Gürtel. Im ersten Gebiete haben wir gleichzeitig auch Senkungsfelder an der Aussenseite der Bogen, wie sie weiter in Amerika und Südasien vorherrschen. Hier seien erwähnt:

1. Der dinarisch-taurische Bogen mit dem ostmediterranen Becken (4400 m).
2. Der südiranische Bogen mit Mesopotamien und dem persischen Meerbusen.
3. Der Himalayabogen mit der hindostanischen Ebene.
4. Der birmanisch-sundanesische Bogen mit dem Golf von Bengalien und dem östlichen Indischen Ozean (7000 m), sowie die ganze nord- und südamerikanische Westküste.

Wenn auch nicht alle diese Senkungsfelder vom Meere bedeckt sind, so ist doch zu bedenken, dass sie dann gewaltige Alluvialebenen darstellen und dass der eigentliche Boden des Senkungsfeldes berächtlich tiefer liegen muss als die gegenwärtige Oberfläche. Wir reffen also ganz allgemein ausgedehnte Senkungsfelder als Begleiterscheinung der modernen Faltengebirge, die ja nach der Dana-

schen Auffassung erst selbst aus derartigen Geosynklinalen emporgestiegen sind. Da liegt denn zum mindesten der Wahrscheinlichkeitsschluss nahe, dass auch die Entstehung der älteren Faltengebirge gleichzeitig zur Vertiefung abyssischer Gräben geführt habe. So könnten wir also für Kreide-, Jura- und Triaszeit und das obere Perm als Zeiten tektonischer relativer Ruhe allenfalls die Nichtexistenz von abyssischen Gräben für möglich oder selbst wahrscheinlich halten. Wie damals die Oberfläche der Kontinente wenig gegliedert gewesen sein mag (5), was das gleichförmige Klima des Mesozoikums zur Folge haben musste (30), so mögen auch die damaligen Ozeane geringere Tiefenunterschiede als gegenwärtig aufgewiesen haben. Wir können sie uns als tiefeingesenkte Becken mit ziemlich ebenem Boden etwa ähnlich dem jetzigen nordpazifischen Ozeane östlich von den grossen ostasiatischen Gräben vorstellen, dem sie auch in ihrer mittleren Tiefe nahegekommen sein müssen. Ganz anders mussten aber die Verhältnisse im Unterperm und im Oberkarbon liegen, als die mächtigen herzynischen Faltungen um den ganzen Erdball herumgriffen.

Wenn damals in allen Kontinenten mächtige Falten aufgetürmt und Decken übereinandergeschoben wurden, wenn grosse Verwerfungen das Gefüge der alten Schichten zerrissen und Höhen und Tiefen auf den alten eingeebneten Festländern schufen, so konnte davon auch der Meeresboden nicht völlig verschont bleiben. Auch auf ihm mussten Horste stehen bleiben, wie wir jetzt vielleicht einen im mittelatlantischen Walfischrücken zu sehen haben, auch auf ihm mussten Gräben absinken bis zu abyssischen Tiefen. Es erscheint ganz undenkbar, dass derartig die ganze Erde umfassende Spannungen bei ihrer Auslösung die ozeanischen Flächen hätten ganz unbeeinflusst lassen sollen. Jeder in einem im Mittel etwa 4000 Meter tiefen Meere mit grösserer Sprunghöhe absinkende Graben muss aber als ein abyssischer bezeichnet werden. Wenn solche Gräben sich im Karbon bildeten, so musste das selbstverständlich das Fassungsvermögen des Ozeans beträchtlich erhöhen.

Gehen wir noch weiter in der Erdgeschichte zurück. Im Unterkarbon, Ober- und Mitteldevon haben wir wieder Transgressionszeiten, Zeiten der tektonischen und teilweise auch vulkanischer Ruhe. In ihnen mögen abyssische Tiefen wieder gefehlt haben. Im Unterdevon und Obersilur treffen wir wieder auf eine Faltung, die „kaledonische", deren Spuren nicht mehr so allgemein nachgewiesen sind, wie die der herzynischen, was sich vielleicht aus dem höheren Alter erklärt. Dem älteren Silur scheint die brasilische Faltung anzugehören. In diesen Zeiten dürften wir auch wieder abyssische Gräben erwarten. Im Kambrium treffen wir dann auf eine neue Ruheperiode, um endlich im Algonkium wieder auf Spuren einer grossartigen weltumfassenden Faltung zu stossen, die an Grossartigkeit wahrscheinlich selbst die permokarbonische und die tertiäre Faltungsperiode hinter sich liess.

Das sind Wahrscheinlichkeitsgründe, die für eine Existenz der Tiefsee auch in älteren Perioden sprechen. Positive Beweise dafür sind ja nur schwer zu geben, da die typischen Tiefseeablagerungen wie der rote Ton ausserordentlich wenig mächtige Schichten liefern, die rasch der Abtragung unterliegen, und wo sie doch erhalten sind, unter Umständen nur schwer als Tiefseeablagerungen zu erkennen sind, da ihnen infolge der lösenden Wirkung des Tiefseewassers alle aus kohlensaurem Kalke bestehenden Schalenreste von Tieren fehlen. Nur aus Kieselsäure gebildete Schalen können wir in ihnen erwarten, wie sie z. B. im Radiolarien- und Diatomeenschlamm sich finden. Immerhin sind verschiedene Gesteine bekannt, die als echte abyssische Bildungen angesprochen werden. Die kambrischen Trilobitenschiefer allerdings, die Neumayr[1]) für Tiefseebildungen ansprach, gelten jetzt nicht mehr als solche, seit man erkannt hat, dass diese Trilobiten eher im Schlammboden der Flachsee wühlende, als im Dunkeln der Tiefsee hausende Tiere waren. Dagegen dürften abyssisch viele dünne Tonschieferlager unterhalb und innerhalb von Kalklagern sein, ferner aus Radiolarienschlamm gebildete Hornsteine und aus geringeren Tiefen z. B. die Aptychen-Kalke und roten Cephalopoden-Kalke der alpinen Trias. Übrigens handelt es sich bei diesen Schichten schon nicht mehr um solche, die ganz auf die abyssischen Gräben beschränkt sind, bedeckt doch der rote Tiefseeton den grössten Teil der unter 4000 m tiefen Gebiete des Ozeans, besonders den ganzen nordpazifischen Ozean.

Ebenso gibt uns auch die lebende Tierwelt der Tiefsee keinen sicheren Aufschluss auf ihr Alter, da biologisch die Tiefsee schon bei etwa 500 m Tiefe beginnt. In diesem weiteren Sinne begegnen uns in der Tiefseefauna Tiere, die erst spät ihren jetzigen Lebensbezirk erreicht haben können, wie von den Tiefseefischen z. B. die Langschwänze (Macruriden), die Armflosser (Pediculati), Drachenfische (Trachiniden) und Sensenfische (Trachypteriden) oder auch die Haifische und die Riesenkrabben der Tiefsee, die alle nach dem geologischen Alter ihrer Verwandten nicht vor der Kreidezeit in der Tiefsee erschienen sein können. Auf der anderen Seite finden wir aber auch Organismen wie die Diatomeen und Radiolarien, deren Alter bis in das Algonkium zurückreicht und die also schon in den ältesten abyssischen Gräben gelebt haben können, auf die wir aus dem Gebirgsbau der Kontinente zurückschliessen können.

Um das eben Auseinandergesetzte noch einmal kurz zusammenzufassen, so ist es wahrscheinlich, dass die rezenten abyssischen Gräben im allgemeinen nicht über den Anfang der Tertiärzeit zurückreichen. Aber auch schon in früheren Perioden der Gebirgsbildung, wie im Algonkium, im Silur, im Unterdevon, im Oberkarbon und Unterperm dürften derartige Gräben

[1]) M. Neumayr: Die geographische Verbreitung der Juraformation Denkschriften der k. Ak. d. Wiss. Math. naturw. Kl. Bd. 50. 1885. 134. 335.

existiert haben. Im weiteren Sinne haben aber Tiefenbecken, d. h. solche von über 4000 m Tiefe wohl schon von den ältesten Zeiten her existiert, deren Geschichte wir noch auf geologischem Wege entziffern können, und wir können kaum annehmen, dass solche Becken erst seit dem Karbon angefangen hätten, sich auszubilden, wir müssten denn gerade annehmen, dass vorher die Wassermenge der Ozeane beträchtlich kleiner und die Ozeane dementsprechend flacher gewesen wären. Dafür haben wir aber durchaus keinen positiven Anhalt, besonders spricht auch die relativ grosse Ausdehnung der kambrischen Ozeane nicht gerade für eine derartige Annahme. Wenn auch der Wasserstand nicht immer der gleiche gewesen sein wird, so können wir doch von einer ausgesprochenen Tendenz der Zunahme oder Abnahme auf Grund der gegenwärtigen Feststellungen ganz sicherlich nicht sprechen.

Wir haben oben auf die Beziehungen der Faltengebirge zu den tiefen Gräben hingewiesen. Damit ist zugleich die allgemeinere Beziehung ausgesprochen, dass diese Gebirge in den Kontinenten eine Randlage gegenüber den Ozeanen einzunehmen pflegen, wenn sie nicht gar vorgelagerte Inselzüge bilden und zwar grenzen sie, wie schon erwähnt, meist an tiefe Senkungsfelder. Es dürfte nicht ohne Interesse sein, einmal die Verbreitung der alten Gebirge mit der Ausdehnung der Kontinente ihrer Bildungszeit zu vergleichen.

Die rezenten Faltengebirge treten allerdings nur an den Rändern der Kontinente gegen den Grossen Ozean und gegen den mittelmeerischen Gürtel auf, wo wir eben auch auf die ausgesprochensten Senkungsfelder stossen. Eine Aufzählung dieser Gebirge ist hier überflüssig, sind sie doch allgemein bekannt. Fast überall liegen sie an den Rändern der jetzigen Kontinente, und wo das nicht der Fall ist, erklären die Verhältnisse der Tertiärzeit ihren Verlauf. So lag der Himalaya noch im Miozän am Rande des asiatischen Kontinents, der Karpatenbogen an den Ufern des Sarmatischen Mittelmeeres, während wir beim Kuenlun- und beim Tienschanzug schon bis ins ältere Tertiär und in die obere Kreide zurückgehen müssen, in denen das Mittelmeer nach Innerasien übergriff. Die Gebirgszüge zeigen übrigens verschiedene Haupttypen. Unter den pazifischen Gebirgen können wir mit Richthofen (31—34) deutlich die Zerrungsbogen von ostasiatischem Typus von den Stauungsbogen des amerikanischen Typus unterscheiden. Im mittelmeerischen Gürtel aber sind die Stauungsbogen vom mittelmeerischen Typus (tyrrhenischer, Alpen-, Karpaten- und pontischer Bogen) ebenso scharf von den Abflussbogen des südasiatischen Typus unterschieden.

Wenden wir uns nun den herzynischen Gebirgen zu, so müssen wir die Verteilung von Land und Meer im Karbon und im unteren Perm ins Auge fassen. Während dieser Zeit existierten nach übereinstimmender Ansicht von Frech (9), Koken (22, 23), Kossmat (24) und Lapparent (25), der auch ich mich angeschlossen habe,

drei grosse Kontinente, der riesige Südkontinent, der sich von etwa 138 Mill. km² im Unterkarbon bis zu 104 Mill. km² im Unterperm verkleinerte, um sich dann zeitweise in Einzelkontinente zu zerlegen, dann der nordatlantische Kontinent, der in der gleichen Zeit von 33 auf 38 Mill. km² anwuchs und endlich der Angarakontinent, dessen Grösse etwa zwischen 18 und 20 Mill. km² schwankte. Es empfiehlt sich, die uns bekannten herzynischen Faltengebirge nach diesen Kontinenten zu gruppieren. Die nordatlantischen Randketten beginnen in Spitzbergen, wo sie an den arktischen Ozean angrenzten. Der Südrand gegenüber dem syrischen und nordatlantischen Becken des mittelmeerischen Ozeans wurde entsprechend der Verschiebung der Küstenlinien nach Süden während des Karbon von einer in Europa besonders breiten Zone von herzynischen Faltengebirgen eingefasst. Dem Südrande der „pontischen Halbinsel" folgten Ketten, die von Afghanistan über Chorassan, den Elburs, das Gebirge von Gilan, den Karadagh und die Araxeskette nach Westen führten. Dem gleichen Zuge gehörten vielleicht an die Faltenzüge im Rhodopegebiete, in Korsika und Sardinien und in der iberischen Meseta, wo die Südküste ein Stück nach Norden umbog und entsprechend auch die karbonischen Gebirge, die in Galizien unter den jüngeren asturischen Falten untertauchen. Weiter landeinwärts, aber immer noch unmittelbar an den äusseren Zug sich anschliessend und mit ihnen wohl ein Hochland nach Art Kleinasiens, Irans oder Hochasiens bildend, folgten eine Reihe weiterer Parallelzüge, die meist im französischen Zentralmassive sich zusammenscharten. Zunächst ist die paläokarnische Kette an der Stelle der jetzigen Alpen zu erwähnen, dann die variskischen Züge, von denen die südlichen über das Plateau von Langres, den Wasgenwald, Schwarzwald, Thüringerwald, Fichtelgebirge und Erzgebirge führend, in den Sudeten nach Südosten und schliesslich nach Süden umbogen, um etwa bei Wien zu enden, während die nördlichen über das Rheinische Schiefergebirge und den Harz nach Schlesien führten und sich vielleicht im Donezgebiete fortsetzten, wenn auch das Verbindungsstück jetzt von den jüngeren Falten der Karpaten überdeckt ist. Endlich haben wir nach Westen hin die armorikanischen Ketten in der Bretagne, Südengland, Wales und Südirland, die nach ihrem ganzen Verlaufe quer über den jetzigen Atlantischen Ozean hinweg am Südrande der Nordatlantis entlang führten, um sich in Neufundland und den atlantischen Staaten in den Appalachien fortzusetzen. Diese bildeten mit ihrer südlichen Umbiegung in äquatorialer Richtung, die sich bis 100° W zu den Ouachitabergen verfolgen lässt, die Südgrenze des amerikanischen Teiles der Nordatlantis und in ihrer Fortsetzung zog sich vermutlich ein Gebirge entlang der Westküste, dessen Spuren wir im Coloradogebiete erkennen.

Dieser Zug hat möglicherweise im Angarakontinente eine Fortsetzung im werchojanischen Bogen gefunden, der von der

Beringstrasse über die Tschuktschenhalbinsel, das Stanowoi Gebirge und das Werchojangebirge nach der Lenamündung führt. Dieser Bogen scheint eine Ausnahme von der Regel darzustellen, er ist möglicherweise kontinental, insofern er nicht direkt an der Küste entlang läuft, die vielmehr nach den Karten von LAPPARENT (25) und KOKEN (22) von der noch marinen Lenamündung an ostwärts etwa dem 70. Breitengrade ndl. Br. folgte. Es erscheint aber auch nicht ausgeschlossen, dass das Meer im Becken der Jana, Indigirka und Kolyma etwa bis 53° ndl. Br. nach Süden reichte, denn in dem fraglichen Gebiete ist kontinentales Karbon meines Wissens bisher ebensowenig gefunden worden, wie marines, so dass hier auch Meer gewesen sein könnte. Wir können also auch diesen Bogen zur Zeit noch unbedenklich als nördliches Randgebirge des Angarakontinentes der Oberkarbon- und Permzeit bezeichnen. Es setzt sich fort im Gebirge der Taimyrhalbinsel. Noch ausserhalb des Kontinentes fielen die Störungen auf Franz-Josef-Land, an die sich die westlichen Randgebirge des Angarakontinentes anschliessen, zunächst der Nowaja-Semljabogen über Nowaja-Semlja, Waigatsch- und das Pae-choigebirge. Hier schart es mit dem Ural zusammen (mit dem sich weiterhin das ebenfalls herzynische Timangebirge vereinigt), der sich schliesslich unter dem Usturtplateau verliert, direkt vor der Südwestecke des permischen Angarakontinentes, entsprechend der bis ins Perm sich fortsetzenden Auffaltung dieses Gebirgszuges. Am Südrande des Kontinentes haben wir als permokarbonische Faltenzüge die nordöstlichen Ketten des Tienschan, das Altai- und das westsajanische Gebirge nebst den Ketten der Gobi, sowie als südliche weiter meerwärts gelegene Parallelkette den westlichen Kuenlun und das Tsinlinggebirge, von denen das erste möglicherweise einer die armenisch-iranische Kette fortsetzenden Inselreihe entsprach, während das zweite den Südrand der südöstlichen sinischen Halbinsel des Angarakontinentes bildete. Dieser ebenfalls insular vorgelagert müssen die südchinesischen Ketten zwischen dem Jangtsekiang und dem Meere gewesen sein, an die sich als wahrscheinlich ebenfalls insulare Ketten die permischen Störungen in Japan anschlossen.

Wenden wir uns nunmehr dem Südkontinente zu, so können wir in dessen weitzerstreuten Resten natürlich einen so geschlossenen Verlauf der herzynischen Ketten nicht mehr nachweisen. Immerhin fehlen auch hier die Randgebirge nicht. Dem Südrand gehörten an die Sierren der argentinischen Pampas und die südafrikanischen Gebirge. In den australischen Cordilleren biegen sie nach der Ostküste um, wo sie weiter nördlich sich auf Sumatra und in Cochinchina fortsetzen. Vom Nordrande kennen wir dagegen nur die Faltungszüge der Ostghats, die weiter landeinwärts gelegen sind. Wir sehen also, dass die herzynischen Faltengebirge ähnlich den gegenwärtigen eine ausgesprochene Randlage gegenüber den damaligen Kontinenten einnahmen, dass deren Inneres also nur von älteren Massiven einge-

nommen war. Die beigegebene Karte mag davon ein anschauliches Bild geben, wenn sie natürlich auch nur eine Phase aus der Verteilung von Land und Meer darstellen kann, als welche wir das Oberkarbon gewählt haben. Allzusehr weicht übrigens auch die Linienführung des Unterperm nicht von ihr ab, zumal die Karte ja nur die grossen Züge in der Ausdehnung der Kontinente zeigen soll und auf die Darstellung von Einzelheiten, wie von Inseln und kleineren Einbuchtungen verzichtet.

Wenden wir uns nunmehr der kaledonischen und brasilischen Faltung zu, so können wir uns erheblich kürzer fassen, da wir hier bedeutend weniger über die Ausdehnung dieser älteren Faltengebirgsketten wissen. Zugrundelegen werden wir am besten die Verteilung von Land und Meer im Obersilur. Hier haben wir zunächst wieder den mächtigen Südkontinent (159 Mill. km²), den auch Kossmat (24) und Lapparent (25) annehmen, während Frech (9) Südamerika als isoliert ansieht. Zeitweilig mag allerdings das nordwestliche Südamerika abgetrennt gewesen sein, aber kaum durch Tiefsee, so dass es immer noch dem südlichen Kontinentalblocke angehörte. Im Norden haben wir zunächst die Nordatlantis (12 bis 8 Mill. km²), die von der Hudsonbai bis Skandinavien reichte, dann einen hoch im Norden Sibiriens gelegenen paläarktischen Kontinent (8—3 Mill. km²) und die grosse mandschurische Insel (6 Mill. km²). Wir betrachten nun zunächst die der Nordatlantis zugehörigen kaledonischen Züge. Der am besten bekannte Zug tritt hier am Südrande auf, dem er vorgelagert ist. Das von ihm eingenommene Gebiet wird dann durch die erfolgte Hebung im Devon der festländische Rand. Er beginnt im Koloradogebiete, wo uns im Felsengebirge Störungen aus dieser Zeit entgegentreten, ebenso wie in der kambrischen Scholle von Austin. Weiterhin treffen wir auf die Appalachien, die besonders im Norden in den Grünen Bergen sich schon damals erhoben. Jenseits des Ozeans biegt dann dieser Zug nicht südlich ab, wie der herzynische entsprechend dem Küstenverlaufe der pontischen Halbinsel, sondern nordostwärts und bezeichnet den Südostrand des nordatlantischen Festlandes von Irland und Wales über Schottland durch ganz Norwegen hindurch. Sonst kennen wir silurische Falten noch von Grönland, wo sie der Nordküste der silurischen Nordatlantis entsprechen. Ihr genauer Verlauf lässt sich aber zurzeit noch nicht festlegen.

Der Paläarktis gehören nur sehr wenige uns bekannte tektonische Störungen der Silur- und Devonzeit an, nämlich auf Spitzbergen. Am Nordrande der mandschurischen Insel treffen wir auf die Faltungen im westsajanischen Gebirge und in der Gobi, die dann im Devon den Südrand des Angarakontinentes bildeten.

Grösser ist die Zahl der uns bekannten Randgebirge des silurischen Südkontinentes. Hierzu müssen wir zunächst den Zug rechnen, der von den Ardennen über den Bayrischen und Böhmer-

wald führt und der eine Brücke von der Nordatlantis zum Gondwanalande bildete, die mit diesem die ganze Silurzeit hindurch landfest verbunden war. Weiter nach Osten haben wir an dessen Nordküste noch Ketten im Dekhan, nach Westen hin entsprechen dem Nordrande der Südatlantis die silurischen Falten Nordafrikas und das Gebirge von Guayana. Von der Südküste ist uns dagegen nur das brasilische Gebirge als Randgebirge bekannt. Inwieweit in Westaustralien silurische Falten auftreten, lässt sich noch nicht feststellen, auch hier würden sie aber genau dem Rande des Kontinentes entsprechen. Eine Karte der kaledonisch-brasilischen Gebirge lässt sich jetzt leider noch nicht entwerfen, dazu sind die Angaben über den Verlauf der silurisch-devonischen Störungen noch zu unbestimmt, besonders in Grönland, Nordafrika und ev. in Australien.

Noch weniger geht dies im Algonkium an, für das wir ja überhaupt noch keine paläogeographischen Karten besitzen. Soweit wir jetzt die Tatsachen übersehen können, scheinen ähnliche Verhältnisse geherrscht zu haben, wie im Kambrium. Es gab wahrscheinlich einen grossen Südkontinent, der dann im Unterkambrium durch eine grosse Transgression im Gebiete des Indischen Ozeans in einen südatlantischen und einen indoaustralischen Teil zerlegt wurde. Noch mehr gesichert erscheint die Existenz eines nordatlantischen Kontinentes, der das Material zu den mächtigen Konglomeraten des Algonkiums und des untersten Kambriums geliefert hat, die uns im Gebiete der grossen kanadischen Seen, in Grossbritannien und Skandinavien, sowie in der Bretagne und Böhmen begegnen.

Betrachten wir nun die Verbreitung der algonkischen Gebirge, so haben wir da zunächst einen Zug, der von den Lofoten nach den Hebriden führt. Seine Fortsetzung führt uns auf Neufundland zu, wo er sich in nordöstlicher Richtung längs der Küsten von Labrador und Baffinland fortsetzt und weiterhin vielleicht auch noch die arktischen Inseln von Nordamerika durchzieht. Er entspricht in seinem Verlaufe in der Hauptsache der Südgrenze der oberkambrischen Nordatlantis, und es wäre recht wohl denkbar, dass dieser Kontinent auch früher eine ähnliche Form gehabt haben könnte, wenn er auch im Unterkambrium in Nordamerika bedeutend weiter südwärts reichte. Auf der anderen Seite ist aber ebensogut möglich, dass der Zug der Nordrand von Kontinentalmassen war, deren Kerne der kanadische und der skandinavische Schild bildeten. Dafür könnte man eine Reihe weiterer algonkischer Ketten ins Feld führen, die ihren Südrand bezeichnen mögen, nämlich im Koloradogebiete, in der Bretagne und in der russischen Tafel. Wenn wir mit Recht aus den Verhältnissen des Känozoikums, der Karbon- und Permzeit und des Silur und Devon den Schluss ziehen dürfen, dass die Faltengebirge den Rand von Kontinentalmassen bezeichnen, so würde die Verbreitung der eben genannten Züge am meisten dafür sprechen, dass auf dem nordatlantischen Quadranten zwei wahrscheinlich durch eine gebirgige

Inselkette verbundene Kontinente existierten, ein nearktischer und ein europäischer. Einer dritten Landmasse, dem Angarakontinente, dessen Kernland dann ebenso wie Skandinavien und das Hudsonbaigebiet bei Beginn und im Verlaufe des Kambrium überspült wurde, schliessen sich dann vielleicht als Randgebirge an das ostsajanische Gebirge und überhaupt die Gebirge Transbaikaliens, die Gebirge der Mandschurei, Koreas, Schantungs und der Umgebung von Peking. Vom Nordrande des Südkontinentes wäre nur das südindische Arvaligebirge zu erwähnen.

Wir sehen also, dass in allen den Perioden, in denen wir den Verlauf der Faltengebirgszüge mit dem der Küstenlinien vergleichen können, die ersteren den Kontinentalrändern benachbart sind und ihnen im grossen und ganzen parallel verlaufen, sei es auf dem Festlande selbst oder auf vorgelagerten Inselreihen wie jetzt z. B. in Ostasien. Ganz allgemein lassen sich die Gebirge als Gebiete erkennen, die an ältere Festlandsgebiete angegliedert worden sind, indem in den ihrer Faltung unmittelbar vorhergehenden Perioden an ihrer Stelle in der Regel das Meer sich ausbreitete, wie z. B. im Alttertiär und in der Kreidezeit an der Stelle der alpinen Faltungszüge in Südeuropa und Südasien, oder im Devon und Unterkarbon an Stelle der Appalachien oder Mitteleuropas, oder im Kambrium und Silur an Stelle des kaledonisch-norwegischen Gebirges. In allen diesen Fällen dürfte es sich vorwiegend um Stauungsgebirge handeln, während Zerrungsgebirge auch auf ursprünglich kontinentalem Boden sich gebildet haben könnten. Noch sind wir weit davon entfernt, die Orographie weit entlegener Perioden in der Erdgeschichte entschleiern zu können, immerhin scheint uns doch, wie aus dem eben Entwickelten hervorgeht, die Möglichkeit geboten, wenigstens einiges über die grossen Züge im Verlaufe der Faltungsgebirge festzustellen, am ehesten in der Zeit der herzynischen Faltung, die mehr als die späteren Perioden vom Zechstein bis zur Kreide ähnliche Zustände wie die gegenwärtigen auf der Erdoberfläche erwarten lässt.

Die Binnenmeerfazies der Trias.

Von **A. Tornquist** (Königsberg i. Pr.).

Literatur über die Genese der Triassedimente.

J. Walther, Das Gesetz der Wüstenbildung. Berlin 1900.
— Über die Fauna eines Binnensees in der Buntsandsteinwüste. Zentralbl. für Min., Geol. etc. 1904. S. 5.
— Estheria im Buntsandstein. ebenda. S. 195.
— Geschichte der Erde und des Lebens. Leipzig 1908.
E. Fraas, Die Bildung der germanischen Trias etc. Jahresh. für vaterl. Naturkunde. Stuttgart. 1899. S. 2.
E. Philippi, Lethaea geognostica. II. 1. 1903.

v. Koenen, Über die Buntsandsteinwüste. Zentralbl. für Min., Geol. etc. 1904. S. 107.
E. Wüst, Die erdgeschichtliche Entwickelung und der geologische Bau des östl. Harzvorlandes. Halle 1908.
E. v. Koken, Ist der Buntsandstein eine Wüstenbildung? Jahresh. für vaterl. Naturkunde. Stuttgart 61. 1905. S. LXXVI.
A. Tornquist, Das vizentinische Triasgebirge. Stuttgart. 8. 1900. S. 93.
— Die karbonische Granitbarre zwischen dem ozeanischen Triasmeer etc. N. Jahrb. für Min. Geol. etc. B. B. XX. 1905. S. 466.
— Über die ausseralpine Trias auf den Balearen und in Katalonien. Sitzungsber. d. Kgl. Pr. Akad. 1909. XXXVI. S. 902.
— Über die Trias in Sardinien und die Keupertransgression in Europa. Ztschr. d. D. geol. Gesellsch. **56**. 1904. S. 151.
M. Blanckenhorn, Der Hauptbuntsandstein ist keine echte Wüstenbildung. Ztschr. d. D. geol. Ges. **59**. 1907. S. 297.
E. Kayser, Lehrbuch der geol. Formationskunde. Stuttgart 1911.
G. Linck, Über die Bildung der Oolithe- und Rogensteine. Jenaische Ztschr. für Naturw. **45**. 1909. S. 268.
E. Kalkowsky, Oolith und Stromatolith im norddeutschen Buntsandstein. Ztschr. d. D. geol. Ges. **60**. 1908. S. 247.
H. Fischer, Experimentelle Studien über die Entstehung von Sedimentgesteinen. Ebenda **62**. 1910. S. 247.
M. Bräuhäuser, Erläuterungen zu Blatt Schramberg. Stuttgart 1909.
E. Zimmermann, Buntsandstein bei Saalfeld. Ztschr. d. D. geol. Ges. **59**. 1907. S. 228.
L. van Werveke, Sandsteinplatten mit Trockenerscheinungen. Ber. oberrh. geol. Vereins 1907. S. 32 f.
A. Wurm, Untersuchungen über den geologischen Bau und die Trias von Aragonien. Ztschr. d. D. geol. Ges. **63**. 1911. S. 38.
O. Reis, Schichtenfolge und Gesteinsausbildung in der fränkischen unteren und mittleren Trias. Geogn. Jahresh. München 1909. S. 1.
F. Zeller, Beiträge zur Kenntnis der Lettenkohle und des Keupers in Schwaben. Zentralbl. für Min. Geol. etc. 1907. S. 19–42.
— Beiträge zur Kenntnis der Lettenkohle und des Keupers in Schwaben. N. Jahrbuch für Min. Geol. etc. B. B. **25**. 1908. S. 1.
R. Lang, Der mittlere Keuper im südlichen Württemberg. Jahresh. für vaterl. Naturkunde. Stuttgart **65**. 1909. S. 78.
— Über die Lagerung und Entstehung des mittleren Keupers im südlichen Württemberg. Zentralbl. für Min. Geol. etc. 1909. S. 41.
— Beitrag zur Stratigraphie des mittleren Keupers etc. Geol. und pal. Abhandlungen. N. 7. **9**. 1910.
— Das vindelizische Gebirge zur mittleren Keuperzeit. Jahresh. für vaterl. Naturkunde. **67**. 1911. S. 218.
W. Paulcke, Fossilführender „Röthidolomit". Zentralbl. für Min. Geol. etc 1911. S. 15.

Eine Gesamtdarstellung unserer Kentnisse von der Binnenmeerfazies der Trias ist zuletzt im Jahre 1903 in dem 1. Heft des II. Teiles der Lethaea geognostica und zwar von E. Philippi mit Beiträgen von Fr. Frech gegeben worden. Im Laufe der verflossenen 8 Jahre sind aber eine grössere Anzahl von Arbeiten erschienen, welche weitere wesentliche Beiträge zur Kenntnis dieser Fazies der Triasformation enthalten. Diese Untersuchungen erstrecken sich z. T. auf

die Stratigraphie, auf die fossilen Einschlüsse der Triasschichten in den verschiedenen Gebieten und auf die Parallelisierung mit den Stufen des pelagischen Triasprofils, z. T. auf die Deutung der Entstehung der Gesteine, bezw. der Sedimente, aus denen die letzteren hervorgegangen sind. Von Interesse sind ferner die Untersuchungen, welche in den ausserhalb Deutschlands gelegenen Gebieten mit Trias von Binnenmeerfazies angestellt worden sind.

a) Die Genesis der Triasgesteine.

Die seit den ersten Untersuchungen von Werner, von Buch und von Alberti in der deutschen Trias erkannte, relativ scharfe Dreiteilung der Binnenmeertrias hat sich auch neuerdings in den ausserdeutschen Ländern bis weit hinein in das südliche westmediterrane Gebiet verfolgen lassen. Nur in den äussersten Randgebieten ihres Vorkommens, in Grossbritannien und Skandinavien, nahe der nördlichen und westlichen Grenze des triadischen Binnenmeeres verschwindet sie. Darüber ist auch niemals ein Zweifel gewesen, dass der Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper ihren Ursprung wesentlich von einander abweichenden allgemeinen Verhältnissen verdanken.

Die Entstehung des Buntsandsteins ist am meisten umstritten worden. Während der Buntsandstein lange Zeit allgemein für eine Flachmeerbildung gehalten worden ist, stellte I. G. Bornemann[1]) im Jahre 1889 zuerst Vergleiche unseres Buntsandsteins mit dem grossen Küstendünengebiet von Ingortosu an der Westküste Sardiniens an. Eb. Fraas[2]) hat dann im Jahre 1899 den Versuch unternommen, unseren Buntsandstein ausschliesslich als Wüstenbildung des Festlandes zu deuten. Er hält eine Verfrachtung von so schwerem Material, wie es der häufig mittelkörnige Sand darstellt, über die ganze Fläche der Buntsandsteinbedeckung durch Meerwasser für undenkbar, ebenso vermisst er eine durch Wasser stets hervorgebrachte Faziesdifferenzierung innerhalb eines grossen Teiles des Buntsandsteins. Der Sand soll nach ihm daher allein durch Windwirkung über die Fläche verfrachtet sein. Die häufig zu beobachtende Diagonalstruktur ist Dünenstruktur. Nur dort, wo Einschaltungen mit *Gervillia Murchisoni* auftreten, liegen Binnenmeerbildungen vor. Der gleichförmige Aufbau des Buntsandsteins aus Quarzkörnern und Ton soll durch Windauslese zustande gekommen sein, die Knottenerze der Eifel sollen Binnenseebildungen[3]), die Oolite im unteren Buntsandstein am Südrand des Harzes sollen als Relikte des Zechsteinmeeres auf sekundärer Lagerstätte liegen etc. Die Konglomerate des Buntsand-

[1]) Über den Buntsdst. in Deutschland und seine Bedeutung für die Trias etc. Jena 1889.

[2]) Die Bildung der germanischen Trias, eine petrogenetische Studie. Jahresb. Vat. Naturk. Württembg. 1899.

[3]) Für sie ist die epigenetische Bildung wegen ihrer Verbindung mit tertiären Bleiglanzlagern wohl heute sicher gestellt.

steins sollen z. T. ein „durch Wind verschlepptes Geröllmaterial aus Flussbetten", z. T. Überreste einer Kieswüste darstellen.

Diese Ansichten über die äolische Entstehung des Buntsandsteins wurden ähnlich auch von JOH. WALTHER in dem bekannten Werke „Das Gesetz der Wüstenbildung. Berlin 1900" vertreten, wie sie bei EB. FRAAS auch offenbar durch die Lektüre einer älteren Arbeit von WALTHER [1]) mit ausgelöst worden waren. JOH. WALTHER hat seine heutige Auffassung — und nur diese ist von Interesse — von der Bildung des Buntsandsteins neuerdings in einem populär geschriebenen Buch „Geschichte der Erde und des Lebens" vorgetragen. Für eine wissenschaftliche Diskussion ist diese allgemeine Darstellung allerdings weniger geeignet als zwei Notizen dieses Autors im Zentralblatt für Min.-Geol. etc. aus dem Jahre 1904. Die in der „Geschichte der Erde" niedergelegte Auffassung wird am besten durch die folgenden Sätze präzisiert: „Perioden hindurch trug der Wind von den aus dem Schiefermantel heraustauchenden Granitstöcken quarzreichen Sand zu Tale, lockerte die Schutthalden am Fusse des Gebirges, und wenn endlich nach langer Trockenheit ein Wolkenbruch dort herniederstürzte, dann flutete je nach den Umständen ein dünner Sandbrei oder geröllreicher Schlamm weit in die Wüste hinein. So schalteten sich zwischen die so oft treffliche Dünenschichtung zeigenden Sandbänke Zungen von grobem und feinem Geröll, aber das Vorwiegen des Quarzes, die oft sehr höckerige Oberfläche der Gerölle lässt uns leicht erkennen, dass kein langer Wassertransport erfolgte. Bald trocknet das eben überschwemmte Gelände ab, wieder jagte der Sandwind über die Ebene, schliff und frass an den Geröllen, erzeugte seltsame Vertiefungen und treffliche Dreikanter". JOH. WALTHER nimmt demnach auch zur flächenweiten Verbreitung des Buntsandsteinsandes eigentlich nur den Wind in Anspruch; allein der Transport des Materiales an den umrandenden Gebirgen soll durch gelegentlich anschwellende Ströme erfolgt sein. Allerdings sieht er die den Sanden gelegentlich eingeschalteten *Estheria* – reichen Tonschichten als die Bildung lokaler, flacher, vergänglicher Seen an. Während der Bildung der von Thüringen bis nach Waldeck, von Sachsen bis zum Harz verbreiteten Bänke mit *Gervillia Murchisoni, Turbonilla Weissenbachi* soll sich das Buntsandsteingebiet gelegentlich wiederum in — besser wohl unter — dem Niveau des Meeres befunden haben und das Meer spielend in das Wüstengebiet eingetreten sein, um dann wieder der Wüste zu weichen.

WALTHER hatte bereits im Jahre 1904 ausführlich seine Auffassung über die im mittleren Buntsandstein Thüringens auftretenden Gervillienbänke dargelegt. In diesem Jahre waren von ihm und KOLESCH eine Gervillienbank wiedergefunden worden, welche von WEISSBACH in den sechzigern Jahren entdeckt worden war. Er erkannte ca. 70 m unter der Rötgrenze einen sehr fossilreichen Horizont, welcher in unverwittertem Zustand lebhaft rot gefärbt ist und durch seine Tonarmut auf-

[1]) Die Denudation in der Wüste und ihre geolog. Bedeutung. Leipzig 1891.

fällt; sowohl der Horizont selbst, als auch die hangenden und die liegenden Schichten zeigten deutliche Diagonalschichtung. Walther bezweifelte zugleich, dass ausser diesem Horizont noch ähnliche andere Fossilhorizonte im thüringischen Buntsandstein aufträten. Für die Entstehung dieses Horizontes sollte nach Walther die Annahme einer kurzen Periode der Entstehung eines Binnensees in der langandauernden leblosen Sandwüstenzeit genügen. Dieser See sollte abflusslos sein. Er vergleicht ihn mit dem abflusslosen Salzsee in der Sandwüste Taklamakan in Zentralasien, an den Sven von Heddin nach Durchquerung der Wüste gelangte. Wie dort denkt sich Walther auch die Möglichkeit der Verlegung oder Wanderung des Buntsandsteinbinnensees.

Ein wenig später wies aber von Koenen darauf hin, dass die Sandsteinbänke mit *Gervillia Murchisoni, Estheria Germari* etc. weit über Thüringen mindestens bis zum Harz und bis nach Waldeck hinein vorkommen. Auch finden sich nach E. Wüst (1908) in Thüringen eine grössere Anzahl von Fossilhorizonten übereinander. Unter dem Zwange dieser Feststellungen hat Walther denn auch die ursprüngliche Auffassung der Bildung eines Binnensees, wie oben wiedergegeben wurde, zugunsten der Meereseinbrüche in das Buntsandsteingebiet abgeändert.

Es kann nicht verkannt werden, dass diese neue Konzession, zu welcher die Wüstenauffassung durch die weite Verbreitung mehrfach übereinander liegender *Gervillia*-Bänke gezwungen worden ist, im Grunde genommen schon eine schwere Bresche in ihrer konsequenten Anwendung bedeutet.

Ausführlichere mit eingehenden Begründungen versehene Bedenken gegen die im wesentlichen durch Wind und nicht durch Wasser bewirkte Ablagerung des Buntsandsteines sind gegenüber Walther und Eb. Fraas, sodann von von Koken, Blanckenhorn und Tornquist erhoben worden, aber ohne dass dieselben leider in den vielfachen populären Darstellungen von Joh. Walther berücksichtigt worden wären. Doch ist E. Kayser auf diese Einwendungen ganz neuerdings durch weitere kritische Erörterungen in seiner überaus gründlichen „geologischen Formationskunde“ kritisch eingegangen, indem er sich neuerdings wieder der Walther'schen Ansicht angeschlossen hat.

Der Auffassung des Buntsandsteins als Wüste hat Tornquist bereits im Jahre 1900 mehrere Bedenken entgegen gehalten, welchen sich von Eck damals sofort anschloss. Ersterer wies auf die gleichartige Erscheinung des alpinen Buntsandsteins hin, welcher sich über ähnliche weite Flächen hinerstreckt, gleiche Schichtverbände, Korngrösse etc. zeigt und doch wegen seiner in allen Schichten auftretenden Muschelschalen, den Myaciten, ganz abgesehen von den kalkigen Einlagerungen der Gastropodenkalke und der *Tirolites cassianus* — Schichten, unbedingt als ein ozeanisches Sediment angesehen werden

muss und auch allgemein — sogar von J. WALTHER — angesehen wird. Besteht aber für die Gleichkörnigkeit, Kreuzschichtung und Ausdehnung des mediterranen Buntsandsteins kein Hindernis, ihn bei der Fossilführung für eine Wasserbildung zu halten, so müssen diese Argumente auch für den nördlichen Buntsandstein einigermassen zwingend sein.

Unterdessen hatte E. PHILIPPI die Trias für die Lethaea geognostica bearbeitet. Derselbe schränkte das Ausmass des Windtransportes noch weiter ein, er nimmt diesen höchstens für die tonfreien, groben Sandsteine des mittleren Buntsandsteins und nicht für tonhaltige Sandsteinlager in Anspruch, da aus demselben Wind nicht Sand und Ton gleichzeitig ausfallen kann [1]).

Prinzipiell abweisend gegenüber der Wüstenerklärung stellte sich auch sehr bald v. KOKEN (1904). Er wies darauf hin, dass Diagonalschichtung nicht nur in Dünen vorkäme, sondern besonders charakteristisch für Sandbänke ist, die sich an den Küsten beständig verschieben. Es kann hier hinzugefügt werden, dass an allen Sandküsten und in allen mit Sand erfüllten grossen Meeresbuchten, wie beispielsweise in der Danziger Bucht eine so starke Sandversetzung durch die wechselnden Winde und die durch sie erzeugten Strömungen herrscht, dass eine starke Diagonalschichtung ausserordentlich viel stärker auftreten muss, als in Dünengebieten [2]). Treffend hebt v. KOKEN ferner hervor, dass die relativ grosse Ausdehnung des Sandsteins sicher nicht gegen Wassertransport spricht, der oberkambrische Potsdam-Sandstone bedeckt in Nordamerika noch grössere Flächen und enthält doch stellenweise reiche Meeresfauna. Ausser den Pflanzen und Landorganismen enthält der nordwestdeutsche Buntsandstein aber *Gyrolepis*, der doch wahrscheinlich ein mariner Fisch gewesen ist. Sodann zeigt die Ablagerung des Buntsandsteins deutlich eine Transgression, wie sie nur einem Wassersediment zukommen kann. v. KOKEN hat damit sehr klar alle von FRAAS, WALTHER und PHILIPPI benutzten Argumente gerichtet. BLANCKENHORN machte aber im Jahre 1907 weitere Einwände gegen die Ergebnisse der WALTHER'schen Wüstenforschungen selbst. Er wies auf die dem

[1]) Dass die „modernen Sanddünen tonfrei" sind, ist allerdings ein Irrtum. In den Dünen der Kurischen Nehrung, ebenso wie an der Wüste sind viele Tonhäutchen eingelagert; ihr Material fällt bei ganz schwachem Wind als Staub auf die Dünen.

[2]) Die Diagonalschichtung in Dünen wird überhaupt ganz ausserordentlich überschätzt. Meist geht die Vorstellung dabei von der Betrachtung des koupierten niedrigen Kleindünengebietes unserer Meeresküsten aus. Bei grossen Kontinentaldünen, auch bei den grossen Wanderdünen unserer Nehrungen tritt die Diagonalschichtung meist ganz zurück. Die Dünen sind stets nur parallel der Leeseite geschichtet (vgl. Geologie von Ostpreussen S. 208). Nur an solchen Flanken, an denen die Gestalt der Leeseite wechselt, entsteht Diagonalschichtung, im grossen auch zwischen älteren Dünenresten und jüngeren Dünenzügen. In JOH. WALTHERS „Das Gesetz der Wüstenbildung" ist über diese geologisch wichtige Frage der Dünenschichtung fast gar nichts mitgeteilt.

Buntsandstein ähnliche Erscheinung des Nubischen Sandsteins hin, in dem aber Bonebeds aus Schildkröten-, Krokodil- (?) oder Ichthyosaurus- (?) Resten mit Sandsteinbänken voller Pflanzenreste wechsellagern, ebenso Schichten mit Wellenfurchen. Es gelang aber, in dem Nubischen Sandstein daneben Ostreiden, *Plicatula* und *Inoceramus* aufzufinden. Blanckenhorn erinnert auch an die im mittleren Buntsandstein gefundenen Pflanzen: *Equisetum*, *Pleuromoia*, *Voltzia* etc., welche am Rande des Buntsandsteinbeckens eine nennenswerte Flora voraussetzen. Auch weist Blanckenhorn darauf hin, dass die Kieswüsten in Ägypten wenigstens nicht das Produkt des denudierenden Windes sondern akkumulierenden Wassers sind, was Walther vollständig entgangen sei, dass deshalb die Konglomeratbänke des Buntsandsteins, selbst wenn sie jenen nach Fraas entsprechen sollten, absolut nicht als Windablagerung aufzufassen sind.

Auch sonst glaubt Blanckenhorn die Auffassungen Walther's über die Kieswüsten der Sinaiwestküste und Turkmeniens berichtigen zu müssen und tritt auch einer grösseren Anzahl von anderen in „dem Gesetz der Wüstenbildung" gegebenen Darstellungen kritisch entgegen, so besonders den Beschreibungen rotgefärbter Wüstenablagerungen, von denen später die Rede sein wird. Es ergibt sich hieraus, dass die Darstellungen Walther's über Wüstenbildungen nur zum Teil als Grundlage für den Vergleich mit fossilen Sandsedimenten, wie dem Buntsandstein, dienen können. Aus der gründlichen Beobachtung heutiger Wüsten ergibt sich vielmehr gerade, dass der Buntsandstein im wesentlichen im seichten Wasser abgesetzt ist; die eigentliche Buntsandsteinzeit muss sogar wieder allmählich erhöhte Niederschläge, lateritische Zersetzuug der Festländer gebracht haben, so dass sich die während der Zechsteinzeit angesammelten Schuttmassen in Bewegung setzten und in Form einer „grossen Transgression, die, abgesehen von kleineren Schwankungen zur Zeit der fluviatilen Konglomeratbildung erst zu Beginn oder während des oberen Buntsandsteins gleichzeitig mit einer Vertiefung des Beckens ihr Ende erreichte".

Auf die Unmöglichkeit, den süddeutschen Buntsandstein als Wüstenbildung aufzufassen, wies sodann Tornquist (1905) hin. Speziell im Reichslande hat die geologische Detailkartierung eine ausserordentlich grosse Übereinstimmung in der Mächtigkeit der hier gut zu trennenden Buntsandsteinetagen ergeben. Diese auf wenige Meter genau übereinstimmende Mächtigkeit der einzelnen Buntsandsteinstufen in dem grossen Gebiete Lothringens und des Unterelsass von Westen nach Osten, und die regelmässige Ausbildung ganz unscheinbarer, petrographischer Eigentümlichkeiten auf weite Strecken, ist nur bei einem Wassersediment zu verstehen. Die fast stets genau 20 m mächtige Ausbildung des Hauptkonglomerats über ein ebenso weites Gebiet nach allen Richtungen hin, widerspricht der Annahme einer Flussbildung über dem Meeresniveau. Das Hauptkonglomerat kann vielmehr nur als die Bildung einer grossen Strandabspülung

und damit gleichzeitiger grosser Sedimentversetzung am Grunde eines Meeres unter dem Einfluss mächtiger Strömungen und starker Brandungen aufgefasst werden. Das am Strande des Buntsandsteinmeeres durch vorangegangene Auswaschung übrig gebliebene, grobe Geröllmaterial meist von unverfestigten permischen Ablagerungen stammend wurde durch eine klimatische Katastrophe in grosser Menge in das Buntsandsteinmeer gespült und hier durch die Strömung als sog. Strandversetzung flächenweit ausgebreitet. Eine Bestätigung dieser Ansicht hat neuerdings BRÄUHÄUSER gelegentlich der Aufnahme des Blattes Schramberg im Schwarzwald beigebracht. Nach ihm stammen die Gerölle des im mittleren Buntsandstein liegenden ECK'schen Konglomerates sowie der höheren Konglomerathorizonte aus Rotliegenden Ablagerungen (Porphyr-Kieselhölzer-Gerölle); auch konnte er feststellen, dass die Korngrösse der Geröllschichten von SO nach NW abnimmt, ebenso wie zu erkennen ist, dass die Gerölle der jüngeren Konglomeratbildungen mehr gerundet sind als diejenigen der älteren.

Für die Beantwortung der Frage der Entstehung des Buntsandsteins sind ferner noch einzelne Funde herangezogen worden, welche einerseits in von ZIMMERMANN aufgedeckten, charakteristischen Geröllen mit Windschliffkanten von Saalfeld bestehen, andererseits Tutenmergel (beim Eintrocknen aufgerollte Tonhäutchen)[1]) aus dem Saargebiet und aus Hessen betreffen, über die VAN WERVEKE (Vogesensandstein bei St. Gangolph bei Mettlach) und E. KAYSER (Gisselberg bei Marburg) berichtet hat. Diese Funde zeigen ja ebenso wie die Thüringischen Chirotherienspuren oder die Trockenrisse in bestimmten Buntsandsteinbänken mit Sicherheit einen flachen Sandstrand an, auf welchem durch Trockenlegung gelegentlich festes Land entstand und in dessen Nähe auf dem Trockenen Windwirkungen stark bewegten Sandes oder auch die Bildung von Trockenrissen eintraten. Es ist aber keinesfalls angängig, aus diesen Funden in bestimmten Gebieten allgemein gültige Schlüsse auf diese Vorgänge im ganzen Verbreitungsgebiet des Buntsandsteins zu ziehen. Wenn die Tutenschichten im mittleren Saargebiet oder bei Marburg beobachtet wurden, so befand sich hier bekannterweise die teils als Festland, teils als Untiefe aus dem Buntsandsteinmeer aufragende Ardenneninsel bezw. das Rheinische Massiv in der Nähe. Bei Saalfeld liegt dagegen die nördliche Verlängerung des Fichtelgebirges, welcher die Rolle eines nach Norden vorgeschobenen Teils des vindelizischen Festlandes zukam. Diese Erscheinungen treten daher ebenso wie die Trockenrisse in Thüringen eben nur in der Nähe von Küstenrändern bezw. von Inselgebieten des Buntsandsteinmeeres auf. Ihr Nichtvorhandensein in den anderen Buntsandsteingebieten liefert daher eher den Beweis einer sonst vorhanden gewesenen kontinuierlichen Wasserbedeckung.

[1]) Auf die Entstehung ganz analoger Bildungen am heutigen Badestrand von Trouville hat M. SCHMIDT kürzlich hingewiesen.

In eingehende sachliche Erwiderung dieser gegen die äolische Entstehung des Buntsandsteins vorgebrachten Einwände geht E. Kayser ein. Die Betrachtung der im Buntsandstein vorkommenden Fossilien lässt nach Kayser leider keine bindenden Schlüsse über die Entstehungsart des sandigen Sedimentes zu. Mehr Beachtung verdient die grösstenteils völlige Fossillosigkeit der Ablagerung, die ihm eher für die äolische Entstehung zu sprechen scheint. Deutlichere Anzeichen für die äolische Entstehung sieht Kayser in den Kantengeschieben, den aufgerollten Tonhäuten, von denen schon eben die Rede war und deren Vorkommen nur gelegentliche lokale Trockenlegung des Sedimentes beweist, aber für die Auffassung der Hauptmasse des Sandsteines nicht entscheidend sein kann. Kayser betont dann, dass die Rotfärbung des Sedimentes von Walther ebenfalls in einigen Wüsten Zentralarabiens, in Südafrika und Australien beschrieben worden ist, die ursprünglich als dünne Rinde von Eisenoxyd unter starker Erhitzung und unter Mitwirkung von in Alkalien gelösten Eisensalzen nur in der Luft entstehen kann. Bei Anwesenheit von Feuchtigkeit sollen diese Rinden nur als Hydroxyd oder im Beisein von Humusstoffen als Oxydulverbindungen niedergeschlagen werden können. Bereits Blanckenhorn und Linck [1]) haben aber auf die Unhaltbarkeit dieser Beobachtungen von Walther hingewiesen. Nirgends entstehen rote Verwitterungsrinden auf diese Weise. Überall ist gerade Feuchtigkeit, wie der Tau an der Bildung dieser Rinden beteiligt. Diese Schutzrinde ist auch nie karminrot sondern rotbraun bis schwarz und besteht garnicht aus Eisenoxyd, sondern aus „wechselnden Mengen von Mangansuperoxyd und Eisenhydroxyd und daneben noch manchmal einem schwachen Gehalt an Kieselsäure, Tonerde und Phosphorsäure". Auch tritt diese Rinde nur oberflächlich auf. Grössere Mengen mit Rinde versehenen Wüstensandes, ganze Dünenzüge, die sie auch im Innern enthalten, können gar nicht entstehen und sind gar nicht nachgewiesen. Ein dahingehender Vergleich der Färbung des Buntsandsteins mit der Krustenrinde ist also unzulässig. Auch Kayser wird in der Anwendung des Walther'schen Argumentes stutzig, wenn er registriert: freilich bleibt dabei auffallend, dass rote Wüstensande immerhin eine seltene Erscheinung sind, während für gewöhnlich solche in gelber Farbe vorherrschen oder allein vorhanden sind.

Auch Kayser ist der Ansicht, dass die petrographisch und in der Mächtigkeit ausserordentlich gleichartige Gliederung des unteren und mittleren Buntsandsteins in Südwestdeutschland sich mit ihrer Deutung als Wüstenbildung allerdings nicht verträgt, betont aber, dass in Hessen im Gegensatz hierzu im allgemeinen ein rascher Wechsel

[1]) Über die dunklen Rinden der Gesteine der Wüste. Mitt. a. d. Grossh. Mineralog. Institut. Jena. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. 35. 1900.

der Mächtigkeit wie auch der Ausbildungsweise der Sandsteinschichten wahrzunehmen sei derart, dass oft schon in einem Steinbruch ein mächtiges Paket von Schiefertonen oder auch dicke Sandsteinbänke sich völlig auskeilen. Auch die Transgressionserscheinungen in den einzelnen Stufen des Buntsandsteins und seiner Grenze gegen die Dyas kann nach KAYSER auf das Wandern und Sichverschieben der Dünen zurückgeführt werden. Die sehr sichere Gliederung, welche der mittlere Buntsandstein südlich der Mainlinie im Gegensatz zu Hessen und Hannover und der Provinz Sachsen zeigt, würde KAYSER also veranlassen, im Süden eine Ablagerung im Wasser und in Mitteldeutschland zur selben Zeit eine äolische Bildung anzunehmen; gerade das würde aber im auffallendsten Gegensatz zu den sich aus anderen Gründen ergebenden Schlüssen stehen, dass der Buntsandstein im Süden gerade am Küstenrand des vindelizischen Gebirges und in Mitteldeutschland diesem und damit auch dem Ursprungsgebiet des Sandes entfernter gebildet wurde.

Die Verteidigung, welche KAYSER hierdurch der äolischen Bildung des Buntsandsteins widmet, ist aber heute eigentlich noch die einzige Stütze der Anhänger der äolischen Entstehung; Tatsachen, die nicht auch eine aquare Bildung erlaubten, sind heute kaum noch bekannt, ebensowenig wie Argumente gegen die aquare Bildung vorliegen. Für die aquare Bildung sprechen aber:

1. Die Ausbildung ähnlicher fossiler Sandsteinfolgen von sicher aquarer Bildung (mediterraner Buntsandstein, Werfener Schichten, Nubischer Sandstein, Postdam sandstone).

2. Die Geröllmassen der konglomeratischen Bildungen können nach übereinstimmendem Urteil weder als Steinwüsten noch als Flussablagerungen aufgefasst werden, sondern müssen wegen ihrer küstennahen und flächenförmigen Ausbildung als ein durch die Küstenbrandung aufgearbeitetes Sediment angesehen werden.

3. Die ganz vorwiegenden Quarzteile der Sandsteine sind nicht auf äolische Selektion zurückzuführen, da mit ihnen oft zugleich Tonmassen abgelagert werden. Diese Selektion ist darauf zurückzuführen, dass die Bestandteile nicht direkt aus dem Anstehenden kamen, sondern im Oberkarbon, im Rotliegenden und dann auch gelegentlich der Zechsteintransgression auf den Festlandsrändern (Rheinische Masse, Ardennen, vindelizische Gebirge im Süden) wiederholt verlagert worden sind, so dass nur das härteste Gestein nachblieb.

4. Die ganz wirre Kreuzschichtung ist vielmehr submarinen und litoralen Sandbänken als Dünen eigen.

5. Die Fossilien des Buntsandsteins verlangen wenigstens zeitweise, fast allgemeine und häufige (in der Provinz Sachsen wenigstens fünfmal wiederholte) Wassereindeckung.

6. Gerade dort aber, wo diese Fossilbänke fehlen, in Südwestdeutschland, spricht das ganz ausserordentlich weite, regelmässige

Anhalten aller Schichtstufen auch des mittleren Buntsandsteins über weite Gebiete noch entschiedener für die aquare Bildung.

7. Gelegentliche Trockenlegung an nachweisbaren Rändern von Festländern, von Untiefen, Inseln markieren sich dabei deutlich in Form von Trockenrissen, Tondüten, Dreikantern, Cheirotherienfährten, die sonst in dem Hauptverbreitungsgebiet fehlen.

Als eine besondere Fazies des unteren Buntsandsteins haben vor allem die sogen. Rogensteine, d. h. oolithische Buntsandsteinbänke des zwischen dem Harz und Thüringen gelegenen weiten Gebietes, und sodann sogen. Stromatolithe neuerdings Beachtung gefunden. E. Kalkowsky hat ihnen eine ausführliche Arbeit gewidmet; G. Linck hat bereits früher diese Gebilde untersucht und neuerdings eine von der Ansicht Kalkowsky's abweichende Anschauung vertreten. Schliesslich hat H. Fischer experimentelle Studien über diese Bildungen gemacht.

Kalkowsky erkannte im Einzelkorn der Oolithe, dem „Ooid", verschiedene Strukturen, oft mehrere gleichzeitig, von innen nach aussen ineinander übergehend: die Lagenstruktur, die feine radiale Struktur, die Spindelstruktur und die Kegelstruktur. Als Kern des Ooids finden sich öfter kleine Tonklümpchen oder Kalkspatkriställchen. Teils sind die Ooide regelmässig miteinander verwachsen (Dispulsionsstruktur), teils ineinander greifend (Impulsionsstruktur). Eine Gruppe von Ooiden kann wieder von einer neuen Rinde überzogen sein. Die Strukturen der Ooide sind dabei ausserordentlich fein und erstaunlich regelmässig, wie es die schönen Abbildungen bei Kalkowsky sehr deutlich zeigen. Kalkowsky tritt für die organische Bildung der Ooiden ein, die Vergesellschaftung von kleinen und grossen Ooiden, ihre Umhüllung durch spätere Strukturen, ihr komplizierter Aufbau sind ihm als anorganische Ausscheidung undenkbar; auch die Bildung des in den Oolithen enthaltenen Kalkspatskelettes spricht für die organische Entstehung, dabei denkt Kalkowsky vor allem an die Kalkausscheidung durch bestimmte Bakterien. Die Stromatolithen bilden grössere zusammenhängende Stöcke von unregelmässig verdickten, welligen Kalklamellen, die einander umhüllen. Die Stöcke ragen ähnlich wie ein Riff in die umgebenden, feinkörnigen Oolithe hinein. Ihre Einzelindividuen, die Stromatoiden, sind aus dünnen Lagen aufgebaut, die oft von Oolith umgeben sind, auch sie sollen phytogener Natur sein. Diesen Anschauungen Kalkowsky's tritt nun Linck mit aller Schärfe entgegen und vertritt wohl überzeugend die entgegengesetzte Meinung, dass sowohl die Oolithe als auch die Stromatolithe anorganogene Bildungen seien. Linck erinnert an das auch einstens für organogene Gebilde angesehene Eozoon, an die Chondren der Meteoriten und begründet seine Anschauung mit der Feststellung der grossen Ähnlichkeit der Buntsandsteingebilde mit den Karlsbader Sprudelsteinen und Sinterbildungen. Linck gelingt es, fast alle Erscheinungsformen der Ooide des Buntsandsteins sowie der Stromatolithen in den Karlsbader Rogensteinbildungen

wiederzuerkennen. Er macht auch darauf aufmerksam, dass derartige Bildungen sogar im Laboratorium experimentell erzeugt werden können. Die Beweisführung KALKOWSKY's für eine organische Natur ist deshalb als nicht zwingend zu bezeichnen. Im übrigen ist LINCK weit davon entfernt, für die Buntsandsteingebilde ähnliche Bildungsvorgänge anzunehmen als wie sie im Karlsbader Sprudel herrschen; er möchte die Oolithe in Anlehnung an die Ansicht GAUB's bezüglich jurassischer Oolithe als Konkretionen ansehen, d. h. als Umkrustungen kleiner Fremdkörper durch Ausscheidung von $CaCO_3$ aus dem Meerwasser des Buntsandsteins unter gleichzeitiger Rollung auf schlammigem Meeresboden.

Auf die Ähnlichkeit der Buntsandsteingebilde mit sicher anorganischen Bildungen, wie Ooiden aus Magnesiumkarbonat im Laboratorium, Aragonitooiden aus Basaltwacke, etc. hat schliesslich noch H. FISCHER, der damit ebenfalls für die anorganische Bildung eintritt, hingewiesen.

Natürlich liefern aber die Oolithe wie auch die Stromatolithe des Buntsandsteins, seien sie nun organogen oder anorganisch, wiederum Beweise für die marine Bildung des Buntsandsteins. Die ältere Ansicht von FRAAS, welche oben noch angeführt wurde, dass diese Gebilde Residuen des Zechstein darstellen könnten, ist heute überhaupt nicht mehr diskutabel.

Die Entstehung des Muschelkalkes. Dass die Sedimente des Muschelkalkes in einem Binnenmeer von geringer Tiefe, welches wegen seiner verarmten, wenn auch an Individuen so ungeheuer reichen Fauna mit den offenen Triasozeanen in nicht offenem Zusammenhang gestanden hat, niedergeschlagen wurden, wird heute allgemein angenommen. Das Muschelkalkmeer muss den Charakter einer tropischen Lagune besessen haben, in welcher jedenfalls allermeist mehr Wasser durch Verdunstung abgegeben als durch die in sie einmündenden Ströme zugeführt wurde; das Muschelkalkmeerwasser dürfte meist eher höheren als geringeren Salzgehalt als der offene Ozean besessen haben. Die Ausbildung der in Süddeutschland und auch in Norddeutschland in erheblicher Mächtigkeit erhaltenen Salzlager des mittleren Muschelkalkes wird als die extremste Äusserung dieses im unteren und oberen Muschelkalk in geringerem Masse zum Ausdruck gekommenen, hohen Salzgehaltes anzusehen sein.

Wie OTTO M. REIS neuerdings (1910) zutreffend ausführt, dürfte es aber verfehlt sein, den Muschelkalk als eng litoral anzusehen, die sehr gleichmässige petrographische Ausbildung über das gesamte Gebiet seines Vorkommens spricht natürlich dagegen. Trotzdem lassen seine Eigenschaften nicht die Annahme seiner Bildung in erheblicher Tiefe zu. OTTO M. REIS ist der Ansicht, dass es sich um eine Bildung in Tiefen von 400—500 m handelt, wie sie in tieferen Schelfgebieten oder in den kleineren Mittelmeeren zur Jetztzeit nach O. KRÜMMEL vorhanden sind. Da sich der gleiche Muschel-

kalk aber auch transgredierend unter Ausfall des Buntsandsteins auf älteren Gesteinsklippen, wie auf der Devonklippe von Sierck in Lothringen abgelagert hat, so dürfte damit auch die gelegentliche Bildung des Muschelkalksedimentes in sehr geringer Tiefe bewiesen sein. Das wesentliche Moment bei der Bildung des Muschelkalksedimentes ist gegenüber dem Buntsandstein und Keupersediment nicht die grössere Tiefe der Entstehung, sondern das Überwiegen organogener Gesteinskomponenten gegenüber klastischen. Eine solche Bildung könnte an und für sich ja durch plötzlichen, sehr starken Absatz organogener Kalksedimente bei unvermindertem klastischen Niederschlag zustandekommen. Das ist aber offenbar nicht der Fall gewesen. Das Überwiegen sehr feinkörnigen, mechanisch herbeigeführten Materiales, vor allem von Ton, welches den organogenen Komponenten des Muschelkalkes vorwiegend allein beimengt ist, der Übergang gröberen Sandsedimentes vom mittleren Buntsandstein in feine Sande und Tone im oberen Buntsandstein und das dann auch in den Tonen des mittleren Muschelkalkes wieder hervortretende, feinkörnige Material zeigt bestimmt eine Änderung der klastischen Komponenten des Sedimentes seit der Buntsandsteinzeit an. Da diese Änderung in ganz ähnlicher Weise auch in der ozeanischen (mediterranen) Triasprovinz gleichzeitig auftritt, so muss der Umschwung in der Sedimentbildung an der Buntsandstein-Muschelkalkgrenze mit ganz bestimmten Änderungen der Verhältnisse auf den die europäischen Triasmeere umrandenden Festländern zurückgeführt werden. Man könnte an eine plötzliche Senkung dieser Festländer sowie der Triasmeere am Ende des Buntsandsteins denken; es würden dann die zur Buntsandsteinzeit den groben Sand liefernden Gebiete — wohl Küstenebenen — zur Muschelkalkzeit unter Wasserbedeckung gestanden haben und dann höher gelegene Kontinentalgebiete, welche von grobem Detritus bereits befreit waren, als Ursprungsgebiet des feinen Muschelkalkmateriales anzusehen sein[1]). Diese Annahme würde mit der transgredierenden Lagerung des Muschelkalkes über von Buntsandstein nur unvollständig sedimentierten Gebieten, wie am Nordende der bayerisch-schweizerischen Hochebene gut harmonieren. Auffallen muss ferner die starke Zunahme von Pflanzeneinschlüssen im oberen Buntsandstein und das Vorkommen von Pflanzenresten im unteren Muschelkalk am Harzrand. Es ergibt sich aus diesen Funden wohl mit Sicherheit, dass die das jüngste Buntsandsteinmeer und das Muschelkalkmeer umrandenden Gebiete mit mehr Ton liefernden Böden von einer dichten Vegetation bedeckt gewesen sind, in welchen Calamariaceen, z. T. vielleicht noch Sigillarien und Pleuromoiaceen

[1]) Das Bild, welches Joh. Walther von jungpaläozoischen und triadischen Kontinenten entwirft, auf denen „von karminroten Schuttdecken hoch hinauf umkleidet, kühne Felsengebirge in den blauen Himmel ragen", dürfte den lange Zeit damals tätig gewesenen Erosions- und Deflationskräften zu wenig Rechnung tragen.

sowie Farne zahlreich hervortreten. Sand liefernde Gebiete bestanden dabei westlich des mittleren Rheintales, in der Pfalz, in Elsass-Lothringen und im angrenzenden Frankreich noch zur Zeit des untersten Muschelkalkes in der Küstenzone, als sie anderswo schon fehlten. Im Gegensatz zum nördlichen oberen Muschelkalk ist dagegen der süddeutsche tonärmer, kalkiger entwickelt, er enthält nach der Keupergrenze zu im Südwesten die sogen. „dolomitische Region" und in Franken das „Trigonodusriff". Auch in den Trochitenschichten kommt dieser Gegensatz sehr zur Geltung. O. M. Reis vergleicht diese süddeutschen Riffbildungen mit gutem Recht mit der Bildung des nordalpinen Wettersteinkalkes. Auch der Referent hat die rein dolomitische Ausbildung des obersten Muschelkalkes Süddeutschlands als einen Anklang an die ozeanische Fazies der Mittelmeerländer aufgefasst, welcher durch die in den heutigen Westalpen zur oberen Muschelkalkzeit eintretende Verbindung des Binnenmeeres mit dem mediterranen Ozean — worauf später zu besprechende andere Erscheinungen ebenfalls hinweisen — zur Ausbildung kam. O. M. Reis nimmt im südlichen Teil des Binnenmeeres eine von Norden nach Süden gerichtete Grundströmung an, unter deren Einfluss hier mächtige Anhäufungen von Muschelschalen (*Trigonodus*) ohne sonstige Detritusbeteiligung gebildet wurden und Schalenriffe gleich Strassenwällen zur Bildung kamen. Im mittleren Muschelkalk, seit der Bildung der „Anhydritgruppe", wird die Verdunstung des Binnenmeeres eine viel stärkere als die Wasserzufuhr; die z. T. sehr mächtigen Tone zeigen, dass die Zufuhr von Kontinentalwässern aber noch erheblich blieb, dass die stärker werdende salinare Beschaffenheit des Meerwassers, die bei gleichzeitigem Absatz von Salzlagern ebenfalls nur durch weiteres Zuströmen von Meerwasser aus dem ozeanischen Gebiete möglich war, durch stärkere Verdunstung hervorgerufen wurde. Es fand dabei nur in den tieferen Gebieten des Muschelkalkmeeres Salzabsatz statt, ohne dass nur entfernt an eine Verdampfung des Meeres bis zur Trockenlegung gedacht werden darf. Es ist in neuerer Zeit wiederholt darauf hingewiesen worden, dass der Salzabsatz in der Tiefe von Meeresteilen oder von Salzseen dadurch lange vor Erreichung des Sättigungszustandes des gesamten Wassers erfolgt, dass schwere und nahezu gesättigte Lösungen sich in der Tiefe ansammeln und den Temperaturausgleich sowie den Lösungsausgleich dadurch verhüten, dass sie die normalerweise vorhandenen vertikalen Wasserströmungen durch ihre Eigenschwere ganz aufheben [1]). Unter diesen Verhältnissen verschwand die Muschelkalkfauna im zentralen Gebiete des Muschelkalkmeeres nahezu vollständig; die Kalkbildungen hören hier auf. Ob wir gezwungen sind, für diese Periode mit Reis eine Verflachung des Meeres anzunehmen, erscheint sehr zweifelhaft; die Annahme von Joh. Walther, dass „mehr kontinen-

[1]) M. Rozsa, Neuere Daten zur Kenntnis der warmen Salzseen. Berlin 1911.

tale Bedingungen" auf dem Meeresteil eintreten, führt zu falschen Vorstellungen. Dadurch, dass im westmediterranen Gebiet kein Hiatus zwischen unterem und oberem Muschelkalk zu konstatieren ist, ohne dass es hier zur Bildung von Salzen kam, dass z. T. nur Tone ohne Salze (Sardinien) abgelagert wurden, spricht deutlich gegen die Ansicht von Reis, dass das Meer „zusammenschrumpfte" und „ein grosser mariner Kessel von aussen nach der Mitte zu und allmählich in die Tiefe" verdampfte, wie sich Reis (aber nicht im Anklang an Fraas wie er meint) ausdrückt. Die Anschauung Joh. Walther's von einer Salzpfannenzeit des mittleren Muschelkalkes will dieselbe Vorstellung treffen; sie widerspricht aber ebenfalls den Beobachtungen im westmediterranen Gebiet. Diese Verhältnisse des mittleren Muschelkalkes erscheinen durchaus als eine Rekurrenz der gleichen zur jüngsten Zechsteinzeit in unserem Gebiet eingetretenen Verhältnisse, auf die hier nicht eingegangen werden kann. Von Wüstenbildungen, auch im weiteren Sinne Joh. Walther's, dürfte in beiden Fällen wohl abgesehen werden müssen. Auf die reiche Vegetation der Muschelkalkfestländer wurde schon hingewiesen.

Eine sehr ausführliche, allerdings schwer verständlich geschriebene Betrachtung der Gesteins- und Schichtgestaltungen und ihren Ursprung hat O. M. Reis (1910) im Anschluss an Untersuchungen fränkischer Muschelkalkprofile geliefert. Er glaubt in der Art der Ausbildung der einzelnen Bänke des oberen und auch des unteren Muschelkalkes deutlich die Wirkungen von Grundströmungen, von Vertikalströmungen im Meerwasser, sowie Bewegungen des bereits abgelagerten Sedimentes durch submarine Rutschungen an Böschungsflächen des Muschelkalkmeerbodens wieder erkennen zu können. Ein grosser Teil der nicht weithin durchgehenden Bänke und linsenförmig auftretenden Sedimente zeigt ein feinkörniges, toniges Liegende ohne Fossilien, ein fossilreiches Mittlere und ein mehr toniges Hangende. Der obere und untere Abschluss dieses Ablagerungszyklus zeigt dadurch die Wirkung einer schwach beginnenden, bezw. schwach ausklingenden Strömung, das Mittlere durch die groben Schalenfragmente eine stärkere Strömung an. Die zahlreichen Bänke unseres Muschelkalkes, welche die von Reis tubikolen Anneliden zugeschriebenen Bohrröhren enthalten, sollen auf Sedimente zurückzuführen sein, welche längere Zeit bloss lagen, ohne neue Sedimentation zu empfangen. Während dieser Blosslegung bildeten sich dann die sog. Grenzockerbildungen. Die Wurmröhren treten daher meist in sonst fossilarmen, mehr tonigen Bänken auf. Ähnliches soll von den ebenfalls auf Tubikolen zurückzuführenden Rhizokorallien gelten. Die ausserordentlich häufige Wiederholung dieses zu beobachtenden Zyklus setzt keineswegs eigentliche konstante Strömungen, sondern vielfache, nur stossweise sich wiederholende Grundströmungen voraus. Diese Strömungen kommen allerdings am deutlichsten in der vielfach deutlichen Diagonalschichtung der Bänke

zum Ausdruck. Vertikale Strömungen sind durch Aufwirbelungserscheinungen in bestimmten feinkörnigen Bänken zu erkennen.

Bewegungen des bereits abgelagerten Sedimentes ist auch als Abrutsch an Böschungsebenen zu erkennen. Böschungswinkel von unter 10° genügen bereits subaquar zum Eintritt von Sedimentverrutschungen. Reis führt wegen der Allgemeinheit der Erscheinung über grosse Flächen allerdings nicht genügend beweiskräftig die Faltung der Wellenkalkschichten auf Böschungsfaltung zurück. Bei mangelnder Leichtflüssigkeit des Materials bildeten sich aber auch Längsrisse, gezerrte Gesteinslinsen etc. Schon halb verhärtete Schichtplatten zerrissen zu den höchst charakteristischen „Geschiebewellenmergelplatten".

Die Wellung der Wellenkalkbänke will Reis nicht als Wellenfurchen ansehen, sondern in ihr eine „ausgleichende Faltungsbewegung" erblicken, welche „hauptsächlich als seitlich (!?) gerichtete Rutschungen in noch plastischem Zustande der Platten an stärkeren Böschungen diagonaler Schichtung unter Hinzutreten von Wasserdruckvermehrungen (!?) auftreten". Die ganz allgemeine Verbreitung der Wellenkalkstruktur dürfte aber schwer auf solche wohl nur gelegentlich denkbare Vorgänge zurückgeführt werden können.

Das Verbreitungsgebiet unseres Muschelkalkes ist heute bis weit in das westmediterrane Gebiet hinein bekannt. A. Tornquist konnte Muschelkalk mit allen Charakteren des deutschen Vorkommens und einer Gliederung in unteren, mittleren und oberen Muschelkalk an der Westküste Sardiniens feststellen; später hat er auf der Balearen-insel Menorka ebenfalls eine sehr ähnliche Ausbildung angetroffen. A. Wurm hat dann die Trias in Aragonien näher untersucht und auch hier Muschelkalkbildungen weithin verfolgt. Auf die stratigraphischen Ergebnisse dieser Arbeiten soll hier nicht eingegangen werden, sondern nur auf ihre Bedeutung für die Umgrenzung des Muschelkalkbinnenmeeres. Es unterliegt heute keinem Zweifel mehr, dass sich unser deutsches Triasmeer von Süddeutschland aus weithin über Südfrankreich, Sardinien bis mindestens nach Südspanien erstreckt hat und sehr wahrscheinlich (nach den Aufnahmen von Gentil) noch in die marokkanischen Gebirgszüge hinein zu verfolgen sein wird. Während hier die Begrenzung nach Westen nicht allzu fern gelegen hat, wie die Abnahme der Mächtigkeit des Profils von Osten nach Westen nach Spanien hinein beweist, lässt sich die Begrenzung dieses Teiles des Muschelkalkmeeres nach Osten recht scharf in dem Verlauf des Korsika und Ostsardinien durchziehenden Granitzuges erkennen, auf dessen Gegenflanke bereits oceanische Trias auftritt. Dieser Granitzug muss demnach zur Triaszeit ebenso wie der im Untergrund der schweizerisch-bayerischen Hochebene befindliche, als eine hochgelegene (wohl zur Karbonzeit entstandene) Landbarre den nach Osten gerichteten Küstenrand des Binnenmeeres gebildet haben. So entsteht nun die Frage, von wo aus die Be-

siedelung des Muschelkalkmeeres erfolgt ist oder wo eine Kommunikation des Muschelkalkbinnenmeeres mit den triadischen Ozeanen bestand. Weit im Osten wird man eine solche Meeresporte nicht suchen dürfen, denn östlich der Weichsel ist die Trias nicht mehr entwickelt und auch wohl nicht marin zur Ablagerung gelangt, dagegen bestand wohl sicher, wie Frech es verschiedentlich zum Ausdruck gebracht hat, eine Meeresverbindung zwischen Schlesien und Ungarn. Hierfür spricht die Fossilführung des schlesischen Muschelkalkes — schliesslich auch das Vorkommen der Ptychiten in der Provinz Sachsen — ebensosehr wie das Vorkommen nodoser Ceratiten in dem der ungarischen Trias sehr ähnlichen Triasprofil der Vicentinischen Alpen. Andererseits zeigt der westmediterrane Muschelkalk von Menorka und von Katalonien durch die gelegentliche Einschaltung von Linsen mit der Fauna des ozeanischen *Nodosus-Reitzi*-Horizontes, dass er wenigstens zur Zeit des oberen Muschelkalkes eine recht ausgiebige Verbindung mit dem Ozean besessen hat, welche unmöglich über Schlesien und Ungarn geführt haben kann, sondern vermutlich in den heutigen Westalpen südlich Grenoble bestand. Auf diese Verbindung habe ich auch die mächtige dolomitische Ausbildung des obersten Muschelkalkes bezw. der Muschelkalkkeuper-Grenze in diesen westmediterranen Gebieten bis nach Lothringen und ins Elsass hinein zurückgeführt, welche in einer späteren Zusammenfassung über die Stratigraphie noch näher zu besprechen ist.

Die Entstehung des Keupers. Die Keupersedimente sind längst als teils marine, teils brakische und lakustre Sedimente erkannt worden. Die Lettenkohle lässt die Zufuhr grösserer Mengen von Süsswasser vom Festlande deutlich erkennen, die Dolomite sind marin. Der Grenzdolomit zwischen unterem und mittlerem Keuper mit seiner Muschelkalkfauna in Südwestdeutschland zeigt die kurze Wiederkehr von dem Muschelkalkmeer ähnlichen Verhältnissen an, während der Hauptdolomit eine allerdings sehr kärgliche aber doch hinreichend sicher das vorübergehende Eindringen der ozeanischen Verhältnisse in das Gebiet der Binnenmeertrias beweisende Fauna enthält. Gips- und Salzstöcke sind ebenfalls als untergeordnete Rekurrenz der im mittleren Muschelkalk herrschenden Verhältnisse anzusprechen. Das Hauptproblem der Keupersedimentbildung liegt dagegen zurzeit noch in dem Auftreten mächtiger, roter und buntgefärbter Dolomitmergel, welche im wesentlichen ein klastisches Sediment darstellen. Es ist das Verdienst von Philippi, in der Lethaea geognostica für die Entstehung dieser Bildungen auf die heute in tropischen Gebieten weit verbreiteten, roten, lehmigen und lateritischen Verwitterungsböden hingewiesen zu haben, deren Bildung Vageler neuerdings mit gutem Erfolge auf das Fehlen einer Humusdecke und damit einer saueren Reaktion in tropischen Verwitterungsböden zurückgeführt hat. Philippi fasst demnach die roten Keupermergel als die in das Keuperbecken eingeführten,

lateritischen oder tropisch lehmigen Verwitterungsböden der umrandenden Festländer auf. Hier würde ein regenreiches Klima zur Lettenkohlezeit durch ein sehr trockenes zur Zeit des mittleren Keuper abgelöst worden sein, welches auf den Festländern die Roterden, in der Keupersenke die Salzbildungen hervorgebracht hätte. Allerdings denkt PHILIPPI bei dieser Verfrachtung des Materials wiederum wie beim Buntsandstein an eine subaerische. Dieser Anschauung würden aber bezüglich der Keupersedimente die gleichen Einwände gegenüberstehen, welche bei der obigen Behandlung des Buntsandsteins aufgezählt worden sind.

Der Lösung dieser Frage ebenso wie der Entstehung der übrigen Keupersedimente haben sich nun neuerdings mehrere Forscher unterzogen, vor allem E. ZELLER und G. LANG. E. ZELLER betont (1907), dass die Fauna der Lettenkohle eine Muschelkalkfauna ist, dass diese Fauna, welche wie oben erwähnt, im Grenzdolomit noch einmal in Südwestdeutschland eine reichere Entwickelung findet, im Gipskeuper verarmt und im Schilfsandstein ganz verschwindet, um neuen ozeanischen Einwanderern Platz zu machen. Die Tone und Sandsteine der Lettenkohle sind daher im Umfange des alten Muschelkalkmeeres Absätze eines durch reichlicher herbeifliessendes Flusswasser ausgesüssten Binnensees, in welchen zur Zeit des Grenzdolomites ein kurzer mariner Einbruch und eine marine Faunen-Ingression vermutlich nach Ansicht des Referenten nur durch die oben namhaft gemachte westalpine Pforte eintrat. Über die Genese des mittleren Keupers hat sich R. LANG geäussert. Er tritt zunächst der Ansicht PHILIPPI's und FRAAS', sowie auch WALTHER's entgegen, dass die Dolomite, Mergel und Tone des Mittelkeuper subaerische Bildungen seien, er sieht in ihnen, unserer Auffassung entsprechend zutreffend, die Ablagerungen eines Binnenmeeres. Mit Recht fragt er, wie sonst der Faziswechsel, die wiederholten Vorstösse der Mergelablagerungen nach Osten und die ausserordentliche, auf weite Strecken hin zu verfolgende Gleichmässigkeit in der Mächtigkeit der einzelnen Horizonte zu erklären seien. Die Bildung des Schilfsandsteins wird nach LANG am ersten verständlich, wenn wir ein Hunderte von Quadratkilometern ausgedehntes Deltanetz von Wasseradern und Sandbänken mit dazwischen liegenden Tümpeln annehmen. Die rote Färbung und Fossilarmut, sowie die Wellenfurchen in den oberen Sandsteinschichten sind wohl einem Emportauchen der Ablagerungen über den Wasserspiegel zuzuschreiben. Die höher gelegenen Kieselsandsteine zeigen dagegen neben ihrer Bildung als Sandbänke durch ihre Wellenfurchen, Tierfährten, sowie durch die sehr gleichmässige Korngrösse und das Fehlen feinen, kaolinigen Beimittels, dass hier der Wind den Sand zu Stranddünen zusammenfegte. Der Hauptdolomit dürfte dann nach der Auffassung von TORNQUIST wiederum eine Ingression aus dem ozeanischen Gebiet darstellen. Die zwischen diesen Gesteinen gebildeten, in verschiedener

Mächtigkeit eingelagerten Mergel sind die Bildungen einer Flachsee in tropischem Klima.

Die Abhängigkeit der Sandstein- und Mergelfazies von der vindelizischen Landbarre konnte Lang sehr klar an der zunehmenden Mächtigkeit der Sandsteinetagen von Lothringen über Württemberg bis zum Donauabbruch feststellen. Er leitet die Keupersandsteine daher auch von dieser Landbarre ab, während die im grossen Keuperbecken vorherrschenden, einförmigen Mergel diesem von allen Seiten zugeschwemmt worden sind. So würde das Keuperprofil uns mehrere Transgressions- und Regressionsphasen zeigen, welche Lang mit dem Absinken der schwäbisch-fränkischen Scholle in nördlicher Richtung und allgemeinen Hebungen und Senkungen erklären will. Bei diesen Bewegungen kam es dann weit im Südwesten auch zu gelegentlichen Ingressionen des obertriadischen Ozeans, aber nicht etwa, wie Lang will, über die ganze Breite der Landbarre, also von Süddeutschland über das vindelizische Gebirge hinweg nach dem Triasozean, einer Verbindung, nach welcher Lang vergeblich ausspäht, sondern auch nur an den zur Muschelkalkzeit klar erkennbaren Meerespforten. Über die Bedeutung der triadischen Landbarre treffen wir bei Lang überhaupt auf etwas komplizierte, die Literatur nicht genügend berücksichtigende Vorstellungen. Das vindelizische Gebirge bestand nicht nur, wie Gümbel meinte, in der oberbayerischen Hochebene, sondern erstreckte sich von dieser aus noch weit südlich, zu ihr gehörte sogar noch das sogenannte Basalgebirge der Nordalpen, über welche die tertiären Deckenschübe aufgeschoben wurden [1]). Dass die Binnenmeertrias hier auf dem schweizerischen Basalgebirge noch — wenn auch in sehr geringer Mächtigkeit — abgelagert worden ist, beweisen die Funde Paulcke's, welchem der Nachweis von Muschelkalkfossilien im schweizerischen Röthidolomit geglückt ist.

[1]) Vgl. diese Ztschr. I. S. 1.

Geologischer Unterricht.

Geologische Lichtbilder

herausgegeben von der **Geologischen Vereinigung.**

Bestellungen sind zu richten an das **Geologische Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe** (Baden).

Nr. 13. **Alpen: Nördliche Kalkalpen — Wettersteingebirge.** Westseite des Wettersteingebirges bei Ehrwald, von Lermoos (W) aus gesehen. Mit Erläut. 1.25 Mk., bemalt 1.80 Mk.

Nr. 14. **Alpen: Nördliche Kalkalpen — Wettersteingebirge.** Fenster des Puitentales vom Gipfel der Arnspitze (O) aus gesehen. Mit Erläut. 1.25 Mk., bemalt 1.80 Mk.

Der geologische Unterricht an den deutschen Hochschulen im S.-S. 1912.

Abkürzungen: Geol. = Geologie; g. = geologisch; p. = paläontologisch; Üb. = Übungen; Anl. = Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der Geologie; Coll. = Colloquium; Exk. = Exkursionen. — Die Zahlen bedeuten die Anzahl der Stunden in der Woche.

1. Universitäten.

A. Deutschland.

Berlin: Branca: Paläontologie 2; Branca und Stremme: Üb., Anl.; Potonié: Paläobotanik 2, Entstehung d. Steinkohle u. der Kaustobiolithe überhaupt 1, Anl. (Paläobotanik); Erdmannsdörffer: Anl. z. petrographischen Untersuchungen i. Felde; Stremme: Bodenkunde 1, Die fossilen Amphibien, Reptilien u. Vögel 1, Üb. zur Geol. v. Deutschland 2; v. Staff: G. Grundlagen der Landschaftsformen Mitteleuropas, m. bes. Berücksichtigung Deutschlands 1, Grundwasser u. Quellen 1, Üb. i. Lesen g. Karten 1, Exk.; Tannhäuser: Die Struktur der natürlichen Bausteine u. ihre Bedeutung für deren Wetterbeständigkeit 1½.

Bonn: Steinmann: Erdgeschichte m. Demonstrationen u. Exk. 3, Entwickelungsgeschichte d. Pflanzenwelt 2, Üb., Anl.; Steinmann, Wanner, Tilmann, Welter: Coll.; Pohlig: Allgemeine Geol. m. Demonstrationen u. Ausflügen 4, Abstammungstheorie u. Erdgeschichte m. Demonstrationen (nach seinem gleichnamigen Leitfaden) 2, Einführung i. d. Geol. 1, Exk.; Wanner: Die mesozoischen Formationen 1, Einführung i. d. technische Geol. 1; Tilmann: Geol. v. Rheinland u. Westfalen

mit Exk. 1; WELTER: Alpengeol. m. Exk. 2.

Breslau: FRECH: Entwickelungsgeschichte d. Tierwelt 4, Technische Geol. 1, Anl. zu g. und agronomisch-kartographischen Aufnahmen im Gelände, Üb., Anl.; FRECH, SACHS, VON DEM BORNE, RENZ: Coll.; SACHS: Die Bodenschätze Schlesiens: Erze, Kohlen, nutzbare Gesteine 1; RENZ: Erdgeschichte 2, Üb.

Erlangen: LENK: Allgemeine und historische Geol. 5; LENK und KRUMBECK: Üb., Anl., Exk.; KRUMBECK: Geol. und Morphologie d. Frankenjura 1, g.-pal. Anfängerpraktikum 2.

Freiburg i. B.: DEECKE: Erdgeschichte mit Exk. 5, Anl.; DEECKE und WEPFER: Üb.; DEECKE und BOEHM: Coll.; BOEHM: Pal. Üb. für Fortgeschrittene; DENINGER: Eiszeit und Diluvialmensch m. Exk. 1; WEPFER: Geol. v. Südwestdeutschland 2, Schleifpraktikum 2.

Giessen: KAISER: Gesteinskunde u. Abriss d. Formationslehre 5, petrogr. Üb., Anl.; KAISER und MEYER: Exk.; MEYER: g.-pal. Üb. 2.

Göttingen: POMPECKJ: Paläontologie u. Stammesgeschichte der Wirbeltiere 2, Geol. Hannovers u. d. angrenzenden Gebiete, m. Exk. 2, Praktische Geol. m. Anleitung zu g. Untersuchungen i. Felde 2, Üb., Anl.; VON KOENEN: Üb. i. g. Aufnahmen u. Untersuchungen; SALFELD: Kohle u. Erdöl (geol. Verbreitung u. Gewinnung) 1, Exk.; FREUDENBERG: Die Eiszeit u. die älteste Geschichte d. Menschen 1; WEDEKIND: Die alten Gebirge Europas 1; Exk.

Greifswald: JAEKEL: Geol. II: Erdgeschichte 2, Paläontologie I: Wirbellose, spez. Leitfossilien 2, Anl.; JAEKEL und PHILIPP: Üb., Exk.; MILCH: die Zusammensetzung d. festen Erdrinde 2, Anl. (Petrographie); PHILIPP: Geol. d. norddeutschen Flachlandes m. Üb. und Exk., Üb.

Halle: WALTHER: Allgemeine Erdgeschichte 4, Anl. zu g. Beobachtungen auf Reisen, Üb., Anl., Coll.; WALTHER und SCUPIN: Anfangsgründe d. Geol. m. bes. Berücksichtigung d. Bodenkunde 2; BOEKE: Gesteinskunde m. Exk. 3, Üb., Anl.; SCUPIN: Prakt. Geol. d. deutschen Kolonien 1, Über Grundwasser u. Quellen 1, Anl. z. g. Beobachtungen i. Gelände, Repetitorium d. allg. Geol.

Heidelberg: WÜLFING: Petrographie 2, Anl.; SALOMON: Geol. 5, G. Geschichte d. Heidelberger Gegend m. Exk. 1, Üb., Anl.

Jena: LINCK: Einleitung in d. Gesteinslehre 3, Anl.; WILCKENS: Allgemeine Geol. 4, Anl., Exk.; RITZEL: Erzlagerstätten 1, petrographische Üb. 2.

Kiel: WÜST: Paläontologie u. Abstammungslehre 2; Geol. v. Schleswig-Holstein 1; Üb., Anl.

Königsberg: TORNQUIST: Allgemeine Geol. 4, Üb., Anl., Exk.

Leipzig: CREDNER: G. Bau d. Königreichs Sachsen (Erzgebirgische Provinz) 1, Paläontologie 3, Üb., Exk., Coll.; RINNE: Gesteinskunde (Übersicht d. Gesamtgebietes), mit Üb. 2 + 2, Üb., Anl., FELIX: Vulkanologie 1. Üb. 3; REINISCH: Die jungvulkanischen Gebiete Europas m. Ausschluss der deutschen Vorkommen 1; petrographische Üb.; BERGT: Chemische Petrographie Sachsens 1, Die kristallinen Schiefer 1; NACKEN: Bildung u. Umbildung der (Mineralien u.) Gesteine 2.

Marburg: KAYSER: Allgemeine Geol. 4, Geol. v. Hessen 1, Üb., Anl., Exk.; BAUER: Petrographie m. Exk. 3; SCHWANTKE: Die kristallinen Schiefer 1; ANDRÉE: Geol. v. Deutschland (Die aus paläozoischen Gesteinen aufgebauten alten Gebirgskerne Deutschlands u. ihre Landschaft) 1, Nutzbare Lagerstätten Deutschlands 1, G. Kartenpraktikum 1.

München: ROTHPLETZ: Geol. mit Exk. 4, Geol. d. Alpen 1; ROTHPLETZ und BROILI: G. Praktikum m. Üb. i. Gebirge 2, Üb., Anl.; WEINSCHENK: Lagerstättenlehre II: Erzlagerstätten m. Exk. 2, Üb. 4, Seminar 2, Anl.; STROMER v. REICHENBACH: Paläontologie d. Wirbeltiere I: Fische 1, dto. V: Säugetiere 1, Geographie u. Geol. d. deutschen Schutzgebiete 1, Fauna d. Tertiärzeit 1; BROILI: Paläontologie d. Wirbeltiere II – IV: Systematik u. Stammesgeschichte d. Amphibien, Reptilien u.

Vögel 1, Einführung i. d. Stratigraphie (Formationskunde) 2; DACQUÉ: Geographie u. Faunistik der Jurazeit m. bes. Berücksichtigung allgemeiner Fragen, m. Exk. 1.

Münster: BUSZ: Petrographische Üb., Anl.; WEGNER: Allgemeine Geol. 2, Geol. v. Westfalen m. Exk. 1, Anl.

Rostock: GEINITZ: (Mineralogie und) Petrographie 6, Üb., Exk.

Strassburg: HOLZAPFEL: Erdgeschichte m. bes. Berücksichtigung Deutschlands, m. Exk. 4, Anl. Coll.; HOLZAPFEL und v. SEIDLITZ: Üb.; BÜCKING: Anl. (Petrogr.); v. SEIDLITZ: Geol. d. Vogesen (praktische Anl. zum g. Beobachten).

Tübingen: v. KOKEN: Geol. und Bodengestaltung v. Württemberg m. Exk. 4, Versteinerungskunde 4, Üb., Anl.; v. HUENE: Grundlagen der Paläogeographie 1, LANG: Tektonische Probleme 1, petrographische Üb. 1.

Würzburg: BECKENKAMP: Geol. 4; BECKENKAMP u. SCHLAGINTWEIT: Anl., Exk.; SCHLAGINTWEIT: Einführung i. d. Paläontologie 4, pal. Üb. 2.

B. Schweiz:

Basel: C. SCHMIDT: Geologie (Petrographie) 3, Anl.; SCHMIDT und PREISWERK: Petrographische Untersuchungsmethoden 3; SCHMIDT, PREISWERK, BUXTORF: Exk.; BUXTORF: Pal. Üb. 3, G. Feldübungen.

Bern: BALTZER: Spezielle Geol. (Vorschule d. Paläontologie u. Erdgeschichte) 3, Üb., Anl., Exk., Coll.; HUGI: Spezielle Petrographie 1, Üb.

Zürich: SCHARDT: Geol. d. Schweiz 2, Allgemeine Stratigraphie 2, Anl. Exk.; GRUBENMANN: Gesteinskunde 3 Üb., Anl.; HESCHELER: Paläontologie der Invertebraten 3; ROLLIER: Petrefaktenkunde m. Üb. 2, Stratigraphie d. Tertiär- u. Kreideformation; ARBENZ: Geol. d. Ostalpen und Karpathen 1.

Geologische Vereinigung.

Hauptversammlung der geologischen Vereinigung
in Frankfurt a. M. am 6. I. 1912.

Der Vorsitzende, Herr KAYSER-Marburg, heisst die zahlreich erschienenen Mitglieder willkommen. Der Jahresbericht ergibt eine stetige Fortentwickelung der Vereinigung; der Kassenbericht zeigt einen befriedigenden Stand der Finanzen. Für den verstorbenen stellvertretenden Vorsitzenden V. UHLIG-Wien, zu dessen Ehren sich die Anwesenden erheben, wird der Direktor des Comité géologique in St. Petersburg Prof. TSCHERNYSCHEW, gewählt. Dem Kassier wird nach Prüfung der Rechnungsablage durch Berginspektor K. MÜLLER und Rektor A. HENZE Entlastung erteilt.

Vorträge.

Herr O. WILCKENS-Jena sprach über den geologischen Bau der Kontinente.

Herr WEGENER-Marburg sprach über neue Ideen über die Herausbildung der Grossformen der Erdoberfläche (Kontinent und Ozeane) auf geophysikalischer Grundlage. (Erscheint in der Geol. Rundschau.)

Herr SCHEELHAASE-Frankfurt sprach über Erzeugung künstlichen Grundwassers aus Mainwasser. **(Siehe hinten!)**

Herr O. SCHLAGINTWEIT-Würzburg sprach über die Mieminger Wetterstein-Überschiebung. **(Siehe Aufsatz in diesem Heft der Rundschau.)**

Herr SCHMIDT-Basel sprach über seine Reise in Kleinasien.

Herr G. KLEMM-Darmstadt legte die neuerschienene Odenwald-Karte vor. (Siehe hinten!)

Von Diskussionen musste wegen der vorgeschrittenen Zeit abgesehen werden.

Abends kamen die meisten Mitglieder zu einem gemütlichen Beisammensein in das Hôtel Westminster. Am 7. Januar wurde unter der freundlichen Führung von Hofrat Dr. B. HAGEN das Völkermuseum, nachher der zoologische Garten besichtigt, dessen reiches Tiermaterial von dem Direktor, Dr. K. PRIEMEL, sachgemäss erläutert wurde.

Abrechnung für die Jahre 1910 und 1911.

Einnahmen:

1910. Mitgliederbeiträge		Mk. 7236.40
Zahlung der deutschen Geologischen Gesellschaft		Mk. 1500.—
1911. Mitgliederbeiträge		Mk. 6735.07
Zahlung der deutschen Geolog. Gesellschaft		Mk. 1060.50
Zinsen auf Konto-Korrent		Mk. 161.47
	Summa	Mk. 16,695.44

Ausgaben:

1910. Druck der Rundschau		Mk. 5707.20
Druck der Berichte		Mk. 453.40
Porti etc.		Mk. 571.08
1911. Druck der Rundschau		Mk. 6009.50
Porti etc.		Mk. 375.47
Rechnung ENGELMANN für Separata		Mk. 39.—
	Summa	Mk. 13,155.65

In Reserve gestellt:

542×5 Mk. Eintrittsgeld	Mk. 2710	
Lebenslängl. Beiträge von 3 Mitgliedern à 250.—	Mk. 750	Mk. 3460.—
		Mk. 16,615.65

Einnahmen	Mk. 16,695.44
Ausgaben	Mk. 16,615.65
Überschuss	Mk. 79.79

Kassenbestand am 1. Januar 1912:

Saldo auf Konto-Korrent		Mk. 8246.86
Baar in Kasse		Mk. 278.93
		Mk. 8525.79
Zahlung der Deutschen Geolog. Gesellschaft 26. 2. 1912		Mk. 1062.50
		Mk. 9588.29
Rechnung von W. ENGELMANN	Mk. 6009.50 ab.	
Rechnung von W. ENGELMANN	Mk. 39.—	Mk. 6048.50
		Mk. 3539.79
Reserven		Mk. 3460.—
Kassa am 1. Januar 1912		Mk. 79.79

Vorträge.

Scheelhaase: Erzeugung künstlichen Grundwassers aus Mainwasser.

Ein bestimmtes Gebiet vermag auf natürlichem Wege nur eine begrenzte Menge unterirdischen Wassers zu erzeugen. Wird diesem Gebiete durch eine

Grundwasserfassungsanlage fortgesetzt mehr Wasser entzogen, so senkt sich der natürliche Grundwasserstand und zwar schliesslich so tief, dass die Saughöhe der Pumpen überschritten wird.

Die Grundwasserbildung kann sich in den Tiefebenen selbst vollziehen, sie wird aber auch durch Eindringen von in Gebirgen versickertem Wasser in die Sande der Flusstäler bewirkt.

Für die Wasserversorgung werden an ein Grundwasser besondere Anforderungen gestellt. Im Untergrunde vorgefundenes Wasser, das durch Witterungseinflüsse beeinträchtigt wird, und reichliche Mengen löslicher organischer Stoffe, sowie niedere Stickstoffverbindungen enthält, ist für die Wasserversorgung ungeeignet. In Betracht kommt nur solches Grundwasser, das die charakteristischen Merkmale des Oberflächenwassers nicht mehr besitzt. Es muss vollkommen mineralisiert sein und darf stickstoffhaltige Verbindungen nur noch in der höchsten Oxydationsstufe, der Salpetersäure, enthalten.

Die Erfahrung hat nun gelehrt, dass beim Vorhandensein einer guten Deckschicht über den Sanden bereits in 3 m Tiefe unter der Erdoberfläche solches Grundwasser zu finden ist. Dies ist aber nur dann der Fall, wenn zwischen Grund- und Oberflächenwasser keine hydraulische Verbindung besteht, d. h. keine durchgehenden Wasserfäden vorhanden sind. Es muss sich vielmehr dazwischen ein von Wasser nicht ausgefüllter Raum befinden, in dem der Sauerstoff der Grundluft auf das über die Sandkörnchen äusserst fein verteilte Wasser einzuwirken vermag.

Unsere langjährigen Versuche mit den verschiedenartigsten künstlichen Filtern haben ergeben, dass selbst bei feinster Filtration ein Oberflächenwasser nicht zu Grundwasser umgewandelt werden kann. Wohl konnten wir ein keimarmes und klares Wasser erzielen, der Charakter des Flusswassers aber wurde nicht beeinflusst. Hierzu ist das Zusammenwirken chemischer, physikalischer und biologischer Vorgänge notwendig, für die im künstlichen Filter die Vorbedingungen nicht gegeben sind.

Die Grundwasserbildung unterscheidet sich von der künstlichen Filtration im wesentlichen dadurch, dass sich bei ihr die Reinigungsvorgänge in sehr langsamer Weise vollziehen.

Bei der Infiltration sind die Vorbedingungen zur Erzielung eines einwandfreien Grundwassers unmittelbar gegeben oder lassen sich durch zweckmässige Anordnungen erreichen.

Natürliche Infiltration findet da statt, wo Bäche versiegen.

Die seitliche Infiltration ist eine bei Wasserversorgungen längst bekannte und vielfach angewendete Infiltrationsmethode. Dabei wird eine Brunnenreihe in einiger Entfernung vor dem Austritt des Grundwassers in den Fluss angelegt. Wird sie stärker in Anspruch genommen, als es die Ergiebigkeit des Grundwasserstromes zulässt, dann wird der Fluss mit zur Speisung herangezogen.

Ist der Abstand der Brunnenreihe vom Fluss gross, so dass das Flusswasser längere Zeit gebraucht zu dem Wege bis zur Entnahmestelle, dann kann ein mässig verschmutztes Flusswasser in Grundwasser umgewandelt werden. Je stärker das Flusswasser verunreinigt ist und je kürzer der Weg ist, den es zurückzulegen hat, desto mehr beschränkt sich die Wirkung dieser Infiltration auf die der Filtration.

Die Reinigungswirkung ist ausserdem noch abhängig von der Porengrösse, der Gleichmässigkeit und Lagerung der Sande und Kiese. Sie ist oft unsicher, namentlich dann, wenn horizontal gelagerte grobe Kiesschichten sich zwischen Fluss und Brunnen befinden.

Bei niedrigen Flusswasserständen und bei starker Verunreinigung des Flusswassers befriedigt die Erzeugung künstlichen Grundwassers durch Seiteninfiltration auch in quantitativer Hinsicht oft nicht, weil eine Verstopfung der Poren mehr oder weniger rasch eintritt.

An Methoden, die auf die unmittelbare Versickerung von Flusswasser im Einzugsgebiet einer Fassungsanlage abzielten, waren mir bei Aufnahme meiner Versuche vor 5 Jahren folgende bekannt:

a) Berieselung der Oberfläche. Verschiedene Ausführungen haben ergeben, dass sich die Oberfläche bald mit einer Schlickschicht überzieht, die dann das fernere Eindringen des aufgepumpten Flusswassers in den Untergrund behindert.

b) Versickerung in Gruben oder in Gräben, die mit ihrer Sohle bis auf den Grundwasserstand hinabreichen.

Die Reinigungswirkung auf das unmittelbar in das Grundwasser eintretende Infiltrat ist keine vollkommene. Auch wird der Untergrund bald verschlammt.

Bei der Frankfurter Versuchsanlage habe ich die Gefahr der Verfilzung oder Verschlammung der Infiltrationssohle dadurch beseitigt, dass das Flusswasser — hier Mainwasser — zunächst filtriert wird.

Durch einen Abzweig der vorhandenen städtischen Mainwasserleitung gelangt das natürliche Mainwasser zunächst in ein rückspülbares Schnellfilter, sodann in ein Sandfeinfilter. So vorgereinigt wird das Mainwasser der Infiltrationsanlage zugeleitet.

Diese besteht aus einer 3 m tief in den Sanden angeordneten, mit Kies umfüllten Drainageleitung von $2 \times 25 = 50$ m Gesamtlänge.

Zur Aufnahme der infiltrierten Mainwassermenge von 500—700 cbm in 24 Stunden dient im regelmässigen Betriebe nur der eine Arm der Drainageleitung. Dem anderen wird Zeit gelassen, sich zu regenerieren. Die Versickerung ist 500 m von der Brunnenreihe des Stadtwaldgrundwasserpumpwerkes unweit des Oberforsthauses entfernt.

Der infolge 25jährigen Pumpbetriebes um mehrere Meter abgesenkte Grundwasserstand befindet sich hier 17 m unter der Erdoberfläche und 14 m unter der Versickerungsleitung.

Der Untergrund besteht, von einzelnen Tonlinsen abgesehen, durchweg aus diluvialen Sanden und Kiesen, unter welchen in etwa 25 m Tiefe tertiäre Sande lagern.

Von früheren Ausführungen unterscheidet sich die vorliegende im wesentlichen dadurch, dass hier eine mächtige vertikale Sand- und Kiesschicht für die weitere Veredelung des Flusswassers ausgenutzt wird.

In äusserst fein verteiltem Zustande, sich nach allen Seiten fächerartig ausbreitend, gelangt das Filtrat allmählich bis auf das natürliche Grundwasser, mit dem zusammen es alsdann der Fassungsanlage zufliesst.

Die Änderung der Höhenlage des Grundwasserspiegels wird durch eine Schaar von Bohrröhren, die Beschaffenheit des Grundwassers durch Filterbrunnen kontrolliert. Die Filter sind im Grundwasser in 3 verschiedenen Tiefen angeordnet. Gegenüber jedem Filter befindet sich die Wassereintrittsöffnung eines kleinen Druckluftthebers, durch den die zu untersuchende Wasserprobe aus jeder Tiefe heraufbefördert werden kann.

Das Mainwasser unterscheidet sich hinsichtlich der durch Filtration und Infiltration unveränderbaren Bestandteile, des Kalk- und Chlorgehaltes wesentlich vom Stadtwaldgrundwasser.

Namentlich die grössere Härte des Mainwassers, 10 bis 12°, gegenüber 3° des Stadtwaldgrundwassers ergab einen sicheren Indikator für den Nachweis von Mainwasser im natürlichen Grundwasser, sowie für das Vordringen des Infiltrates nach der Brunnenreihe hin.

Die Bewegung des Infiltrates ist eine äusserst langsame. Zur Zurücklegung des 14 m langen senkrechten Weges von der Infiltrationsstelle bis zum natürlichen Grundwasser gebraucht es etwa 3 Wochen, zur Zurücklegung des 500 m betragenden Gesamtweges bis zur Brunnenreihe des Oberforst-

hauses hat es 3 volle Jahre gebraucht. Die Fortbewegung in horizontaler Richtung beläuft sich demnach auf nur 0,5 m in 24 Stunden. Der Nachweis hierüber liess sich durch das Ansteigen der Alkalitätskurve in den einzelnen Beobachtungsrohren zwischen Infiltrationsstelle und Pumpwerk Oberforsthaus scharf erbringen.

Die Messung der Grundwasserstände in den Beobachtungsrohren ergab nach 3jährigem Betrieb ein gewisses Ansteigen des Grundwasserspiegels. Senkrecht unter der Infiltrationsstelle hatte sich ein 1,5 m hoher Rücken gebildet. Von ihm aus hat sich das Infiltrat nun nicht sofort mit dem natürlichen Grundwasser gemischt; es hat vielmehr das Grundwasser, wohl infolge etwas anderer Temperatur und verschiedenen spezifischen Gewichtes zunächst vollständig verdrängt.

In 10 m Tiefe enthielt das Untergrundwasser nach 3jährigem Betriebe

in	75	m	Entfernung	von	der	Infiltrationsstelle	noch	73% Infiltrat
„	130	„	„	„	„	„	„	60% „
„	260	„	„	„	„	„	„	23% „
„	385	„	„	„	„	„	„	8% „
„	500	„	„	„	„	„	nur noch	1% „

Mit zunehmender Entfernung von der Infiltrationsstelle ist also doch eine gute Vermischung des Infiltrats mit dem natürlichen Grundwasser eingetreten.

Durch die Schnell- und Feinfiltration wurden die Schwebestoffe gut zurückgehalten, auch wurde der Keimgehalt, von Perioden besonderer Verunreinigung des Mainwassers abgesehen, unter 100 in 1 cbcm gehalten.

Eine wesentliche Veränderung der chemischen Beschaffenheit des Mainwassers fand indes durch die Filtration nicht statt. Die Menge der gelösten organischen Substanzen und der Gehalt an Sauerstoff wurde nur unwesentlich verändert. Der Infiltration blieben also noch wichtige Aufgaben vorbehalten, die sie in nachstehender Weise gelöst hat.

Schon die Keimzählungen ergeben, dass das Wasser bei der Infiltration eine Reinigung erfährt, wie sie von keinem Filter gleichmässiger und besser erreicht werden kann. Während der 3jährigen Versuchszeit schwankte die Keimzahl des rohen Mainwassers zwischen 400 und 100000, die des Filtrates zwischen 20 und 500.

Das Infiltrat dagegen war schon in einem Abstande von 20 m von der Infiltrationsstelle vollständig keimfrei.

Die Beseitigung der organischen Substanz, ausgedrückt in dem Verbrauch an Kaliumpermanganat wird durch die Filtration nur in geringem Masse herbeigeführt, sie ist dagegen durch die Infiltration in 20 m Entfernung von der Infiltrationsstelle schon ganz wesentlich, in 100 bis 130 m Entfernung soweit erfolgt, dass kein Unterschied mehr besteht gegenüber den entsprechenden Verhältnissen beim natürlichen Grundwasser.

In dem gleichen Abstande von der Infiltrationsstelle waren ferner Geruch, Geschmack und Färbung, die dem Mainwasser besonders zähe anhaften und allen Filtrationsversuchen widerstehen, vollständig beseitigt.

Was den Temperaturausgleich anbetrifft, so war eine solche schon nach 45 Tagen, eine Zeit, die das Infiltrat gebraucht, um bis zu dem nur 20 m von der Infiltrationsstelle entfernten Beobachtungsrohr zu gelangen, bereits bis auf 3° im Sommer und 1½° im Winter erfolgt. In 100—130 m Entfernung konnte ein Unterschied zwischen der Temperatur des Mischwassers aus Infiltrat und Grundwasser nicht mehr festgestellt werden.

Während somit bezüglich der Veredelungswirkung, die wie ich nochmals hervorheben möchte, zum grössten Teil der vorzüglichen Reinigungswirkung des mächtigen Sandfilters zwischen den Versickerungsrohren und dem Grundwasserstande zuzuschreiben ist, völlig befriedigende Ergebnisse vorliegen, ist es noch nicht gelungen, die seit-

liche Beeinflussung des natürlichen Grundwasserstandes genügend nachzuweisen. Das hat seinen Grund darin, dass die infiltrierten Mainwassermengen — die vorliegenden Verhältnisse gestatteten nur eine Inanspruchnahme von 700 Tagescbm, — im Verhältnis zu der durch das Pumpwerk Oberforsthaus regelmässig geförderten Grundwassermenge von 4000 cbm in 24 Stunden zu klein waren.

Ebenfalls kann die Frage, ob das eingebrachte Wasser in der Brunnenreihe des Pumpwerkes Oberforsthaus wieder voll gewonnen wird, erst nach längerer Fortsetzung des Versuches sicher beantwortet werden. Gewisse Anhaltspunkte lassen indes die Annahme zu, dass grosse Verluste nicht eintreten.

Hiernach kann ich das Ergebnis des Dauerversuches zur Erzeugung künstlichen Grundwassers aus dem in seiner Qualität zu zeiten ausserordentlich schlechten Mainwasser, das wohl den am meisten verschmutzten Flusswassern zuzuzählen ist, wie folgt zusammenfassen:

> Schon 100—130 m von der Versickerungsstelle, eine Strecke, die das durch Filtration vorgereinigte Infiltrat in 190—250 Tagen durchfliesst, ist das Mainwasser zu einem dem Grundwasser gleichwertigen Versorgungswasser umgestaltet.

Meine Herren! Ich darf es daher der Kritik überlassen, zu beurteilen, welchen Einfluss die von mir angegebene Methode der Erzeugung künstlichen Grundwassers aus Flusswasser, auf die Hebung von Grundwasserständen und auf die vermehrte Gewinnung von Grundwasser ausüben wird.

Nicht vorenthalten aber möchte ich Ihnen den Ausspruch eines der ersten Autoritäten auf dem Gebiete der Wasserversorgung, des Herrn Geheimrat Professor Dr. GÄRTNER in Jena, in seinem Vortrag über den heutigen Stand der Wasserversorgungsfrage auf der Jahresversammlung des Deutschen Vereins der Gas- und Wasserfachmänner in Dresden im Juni 1911, welcher lautet:

> „Meiner Auffassung nach liegt ein Teil der Zukunft der Grundwasserversorgung unserer grossen Städte in der künstlichen Erzeugung von Grundwasser."

Herr **G. Klemm**-Darmstadt legte eine von ihm entworfene und von der Grossherzogl. Hess. geologischen Landesanstalt herausgegebene geologische Übersichtskarte des Odenwaldes vor. Dieselbe ist im Masstabe 1 : 100000 ausgeführt und beruht namentlich in der Darstellung des kristallischen Odenwaldes auf neueren Begehungen des Gebietes.

Druckfehlerberichtigung.

Bd. III. Heft 1 S. 20 Zeile 15 von oben lies Val Faller statt Fallèr.
S. 27 Zeile 5 von unten lies rhätische Decke statt rhätischen Decken.
S. 28 Zeile 15 von oben lies Treppe statt Treppen.

GEOLOGISCHE VEREINIGUNG

EINLADUNG

zur Versammlung am 4. und 5. Mai 1912 in Frankfurt a. M.

Samstag, den 4. Mai, nachmittags 5 Uhr:

Sitzung im Senckenberg-Museum, Viktoriaallee 7.

Angemeldete Vorträge:

1. F. Drevermann: Erläuterung zu der für Sonntag angesetzten Exkursion in den Taunus.
2. G. Steinmann: Die Bedeutung der neueren Forschungen über die kambrische Tierwelt.
3. E. Haas: Die Herkunft der Binnenmollusken Europas.

Anmeldungen zu Vorträgen sind an Dr. Drevermann, Frankfurt a. M., Viktoriaallee 7, zu richten.

Abends 8 Uhr: Zusammensein im Hotel Westminster, Theaterplatz.

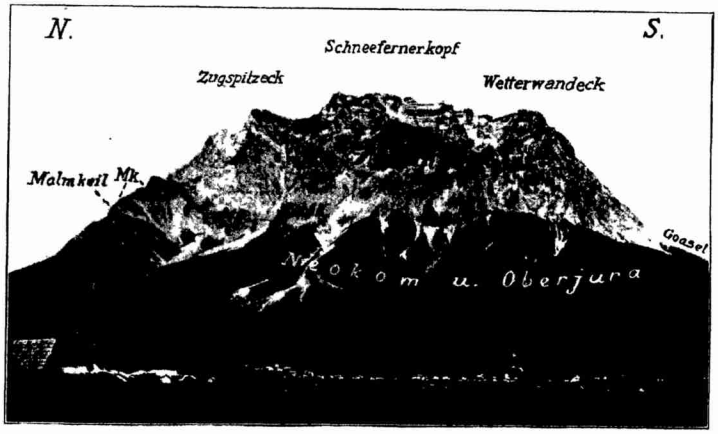
Sonntag, den 5. Mai:

Exkursion in den Taunus unter Führung von W. Schauf und F. Drevermann.

Metamorphe Taunusgesteine, Rotliegendes, Pliocän, Diluvium.

Lichtbild Nr. 13.

Ostalpen: Nördliche Kalkalpen — Wettersteingebirge.



Überschiebung der Wettersteindecke über Jura und Kreide der Lechtaler Alpen an der Westseite des Wettersteingebirges bei Ehrwald, von Lermoos aus gesehen.

Die höheren Teile des Wettersteingebirges bestehen aus den mächtigen, schwach muldenartig gelagerten Massen des Wettersteinkalks (Mittl. Trias) mit einer Muschelkalklage (Mk) an ihrer Basis. Diese Trias der *Wettersteindecke* sieht man an der Westseite des Gebirges und auch an dessen Südseite bis zur Goasel auf *jüngeren Schichten der Lechtaler Alpen* (Oberjura und Neokom) (mit eingeschalteten diabasartigen Eruptivgesteinen [Ehrwaldit]) *übergeschoben* aufruhen. An der Nordwestecke dringt die aufgeschürfte Unterlage keilförmig in den verdoppelten Muschelkalk ein (Malmkeil im Ehrwalder Köpfel).

Auffällig ist der *landschaftliche Gegensatz* zwischen den kahlen, zerrissenen Wänden des harten, klüftigen Wettersteinkalks und den weicheren Gesteinen des Jura und der Kreide, die mit Vegetation bedeckt sind.

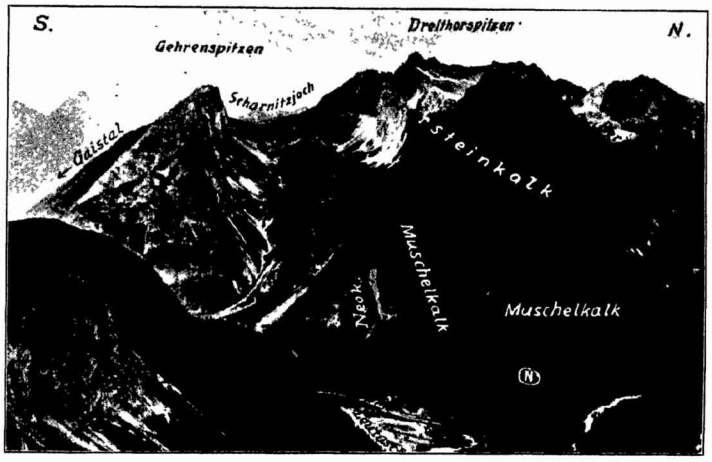
Literatur: O. Schlagintweit, Die Mieminger-Wetterstein-Überschiebung (Geol. Rundschau **3**, 1911, S. 73 ff.).

Aufnahme (Nr. 274) und Erläuterung: O. Schlagintweit 1911.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Lichtbild Nr. 14.

Ostalpen: Nördliche Kalkalpen — Wettersteingebirge.



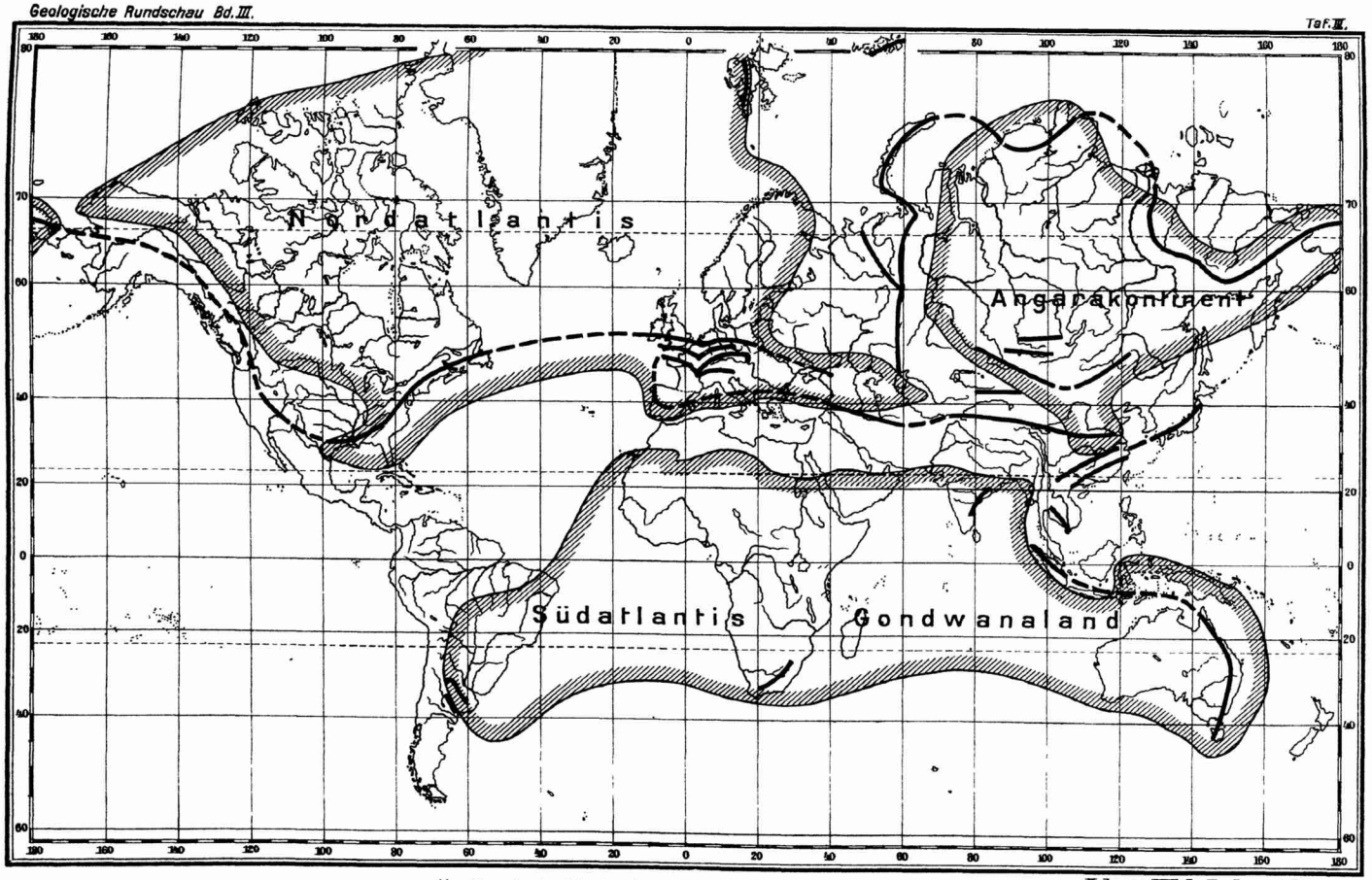
Fenster des Puitentales in der Wettersteindecke vom Gipfel der Arnspitze gesehen (von O).

Dreitorspitzen mit dem davor gelagerten Öfelekopf einerseits und Gehrenspitzen andrerseits bestehen aus Wettersteinkalk (Mittl. Trias) mit Muschelkalk an dessen Basis — *Wettersteindecke.* Sie sind auf jüngere Schichten der Lechtaler Alpen (Oberjura und Neokom [N]) *übergeschoben.* Auf einer schmalen Zone, die vom Scharnitzjoch gegen das Leutaschtal hinabzieht, ist die Triasdecke durch Erosion entfernt, und die Jura-Kreide-Schichten der Unterlage treten in dem tief ausgefurchten Puitental als *Fenster* zutage. Nach O (auf den Beschauer) zu sinkt die Überschiebungsfläche hier steil zum Leutaschtal, so daß die Unterlage diesseits des Tales nicht mehr sichtbar und das Fenster geschlossen ist.

Literatur: O. Schlagintweit, Die Mieminger-Wetterstein-Überschiebung (Geol. Rundschau **3**, 1912, S. 73 ff.).

Aufnahme (Nr. 285) und Erläuterung: O. Schlagintweit 1911.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.



Kontinente im Oberkarbon. Züge der Faltengebirge.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Auszug aus den Satzungen der „Geologischen Vereinigung".

§ 3. Mitgliedschaft.

*Die Anmeldung zur Mitgliedschaft erfolgt an den Schriftführer**. Das Eintrittsgeld beträgt 5 M., der jährliche Beitrag 10 M. für Personen sowohl wie für Institute, Bibliotheken usw. Die lebenslängliche Mitgliedschaft einer Person kann durch einmalige Zahlung von 250 M. erworben werden. Wer eine einmalige Zahlung von 1000 M. leistet, wird als Stifter geführt. Alle Mitglieder erhalten die »Geologische Rundschau« unentgeltlich und portofrei zugestellt.

Der Jahresbeitrag ist bis Ende Januar an den Kassenführer† einzuzahlen, andernfalls wird er durch Postauftrag erhoben. Verweigerung der Zahlung bedeutet Austritt aus der Vereinigung und zieht Einstellung der Zusendung der Zeitschrift nach sich.

Der Vorstand:

Ehrenpräsident:	**E. Suess** (Wien)
I. Vorsitzender:	**E. Kayser** (Marburg)
Stellvertret. Vorsitzender:	**Ch. Barrois** (Lille)
» »	**G. A. F. Molengraaff** (Haag)
» »	**A. Rothpletz** (München)
» »	**Th. Tschernyschew** (St. Petersburg)
*Schriftführer:	**Fr. Drevermann** (Frankfurt a. M., Senckenbergisches Museum, Victoria Allee 7)
Stellvertret. Schriftführer:	**R. Richter** (Frankfurt a. M.)
Redakteur:	**G. Steinmann** (Bonn)
Mitredakteur:	**W. Salomon** (Heidelberg)
»	**O. Wilckens** (Jena)
†Kassenführer:	**H. Schulze-Hein** (Frankfurt a. M., Eschenheimer Anlage).

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN IN LEIPZIG

Elemente

der

MINERALOGIE

begründet von

Carl Friedrich Naumann

Fünfzehnte, neu bearbeitete und ergänzte Auflage

von

Dr. Ferdinand Zirkel

ord. Professor der Mineralogie und Geognosie an der Universität Leipzig, K. S. Geheimer Rat

Mit 1113 Figuren im Text

XI, 821 Seiten. gr. 8. ℳ 14.—, in Halbfranz geb. ℳ 17.—

VERLAG von WILHELM ENGELMANN in LEIPZIG

Werke von Professor Dr. **E. Reyer** in Wien

Ursachen der
Deformationen und der Gebirgsbildung

8. ℳ 1.80.

Geologische und geographische Experimente

Ausgeführt mit Unterstützung der
K. Akademie der Wissenschaften

1. Heft: Deformation und Gebirgsbildung.
Mit 158 Figuren. 8. ℳ 1.80.

2. Heft: Vulkanische und Massen-Eruptionen.
Mit 218 Figuren. 8. ℳ 1.80.

3. und 4. Heft: Rupturen. — Methoden und Apparate.
Mit 85 Figuren auf 12 Tafeln. 8. ℳ 2.—.

Städtisches Leben im sechzehnten Jahrhundert

Kulturbilder
aus der freien Bergstadt Schlackenwald

8. ℳ 1.—.

Geologische Prinzipienfragen

Mit 254 Textfiguren. 8. ℳ 4.40.

Diesem Heft ist ein Prospekt der Firma **Theodor Steinkopff** in **Dresden** über **C. Doelter, Handbuch der Mineralchemie** sowie eine Ankündigung der **Großh. Hess. geolog. Landesanstalt** in **Darmstadt** beigelegt.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.