



Natural History Museum Library



000309743

347







# GEOLOGISCHE RUNDSCHAU

ZEITSCHRIFT FÜR ALLGEMEINE GEOLOGIE

UNTER MITWIRKUNG DER  
DEUTSCHEN GEOLOGISCHEN GESELLSCHAFT

HERAUSGEGEBEN VON DER

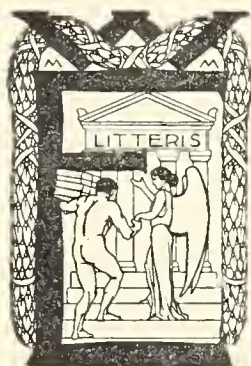
## GEOLOGISCHEN VEREINIGUNG

UNTER DER SCHRIFTFÜHRUNG VON

G. STEINMANN  
(BONN)

W. SALOMON      O. WILCKENS  
(HEIDELBERG)      (STRASSBURG i. E.)

ERSCHEINT JÄHRLICH IN 8 HEFTEN VON JE 4—5 BOGEN  
BEZUGSPREIS M. 12.—. EINZELHEFTE M. 2.—



LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1915

# INHALT

Seite

## I. Aufsätze und Mitteilungen:

- Hans Cloos, Die vorkarbonischen Glazialbildungen des Kaplandes. (Mit Tafel XVIII) . . . . . 337  
K. Andrée, Wesen, Ursachen und Arten der Schichtung 351  
Wilhelm Salomon, Die Definitionen von Grauwacke, Arkose und Ton. (Mit 1 Textfigur) . . . . . 398

## II. Besprechungen:

- Die neue kolloidchemische Forschungsrichtung in der Bodenkunde in ihrer Beziehung zur Geologie. (E. Blanck) . . . . . 405

## III. Geologischer Unterricht:

- Verzeichnis der geologischen Vorlesungen an den deutschen Hochschulen im W.-S. 1915/16 . . . . . 415

## IV. Bücher- und Zeitschriftenschau:

- Philippsons Kleinasienwerk. (Wilckens) . . . . . 418  
Hess von Wichdorff, Goldvorkommen des Thüringer Waldes usw. (Hundt) . . . . . 419  
Dittler, Mineralsynthetisches Praktikum. (Salomon) . . . . . 420  
Boeke, Grundlagen der physikalisch-chemischen Petrographie. (Salomon) . . . . . 421  
Berg, Die mikroskopische Untersuchung der Erzlagerstätten. (Salomon) . . . . . 421  
Mitteilungen des Vereins der Studierenden der Geographie an der Universität Berlin. (Salomon) . . . . . 422  
Doelter, Handbuch der Mineralchemie. (Salomon) . . . . . 422  
Davis, Entstehung der Korallenriffe. (Steinmann) . . . . . 422  
Clarke und Wheeler, Dolomitbildung. (Steinmann) . . . . . 423

## Kriegsgeologie:

- K. Walther, Geologische Unterweisung des Offiziers im Frieden . 424  
W. Salomon, Bemerkung zu der Besprechung über Kriegsgeologie (S. 315) . . . . . 425

## V. Geologische Vereinigung:

### Unsere Toten:

- Kurt Stamm (Tafel XIX) . . . . . 427  
Walther Klien. (Tafel XIX) . . . . . 429

Einladung zur Hauptversammlung am 8. Januar 1916, nachm. 3 Uhr, in Frankfurt a. M. . . . . 431

---

*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 Schriftleitung.*

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

1. Aufsätze und kleinere Mitteilungen, Notizen usw.
2. Besprechungen aus den Gebieten: Tektonik, Niveauschwankungen, Morphologie, Erosion, Glazialgeologie, Sedimentbildung, Erdöl, Kohlen, usw. Geologischer Unterricht.



## I. Aufsätze und Mitteilungen.

### Die vorkarbonischen Glazialbildungen des Kaplandes.<sup>1)</sup>

Von **Hans Cloos.**

(Mit Tafel XVIII.)

Eine Vereisung Südafrikas in spätpaläozoischer Zeit, bis vor 10 Jahren stark bezweifelt, ist heute festes Gut der geologischen Wissenschaft. Sie ist das in einem Maße, daß jetzt fast jeder ähnliche Fund, der bei der Durchforschung geologischen Neulands in Afrika zutage kommt, bereitwillig zum »Dwykakonglomerat« gerechnet wird. Vielfach wohl zu bereitwillig, denn die neueren Untersuchungen im Kaplande haben verwandte Bildungen auch in noch älteren Schichten kennen lehren, und Südafrika ist damit, wo nicht zu einem klimatisch besonders benachteiligten so doch zu einem Lande geworden, dessen Bau und Geschichte mehr als andere dazu neigen, glaziale Anregungen aufzuzeichnen und zu überliefern.

Diese wenig beachteten, vielerorts noch angezweifelten älteren Glazialbildungen des Kaplandes habe ich gelegentlich einer Bereisung Südafrikas besucht, und zwar habe ich zwei Aufschlußgebiete selbst betreten, ein drittes an den Proben des Kapstädter Museums kennen gelernt und mich der von den Erforschern gegebenen glazialen Deutung angeschlossen. Mit den persönlichen Eindrücken und Beobachtungen habe ich im folgenden die Ergebnisse der älteren Untersuchungen (siehe Literatur am Schluß) zusammengearbeitet. Über die Geologie des Landes schicke ich so viel voraus, wie für das Verständnis der Hauptsache nötig scheint, auch hier auf eigener Anschauung fußend<sup>2)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Habilitationsvorlesung, Marburg, Ostern 1914. Auch vorgetragen auf der Hauptversammlung der Geol. Vereinigung in Frankfurt a. M. Januar 1914. Die Drucklegung würde erst durch Vorlesungsarbeit, dann durch meine Teilnahme am Heeresdienst verzögert und erschwert. — Belegstücke zu dieser Arbeit befinden sich in den Institutssammlungen von Freiburg, Marburg, Bonn und in meinem Besitz.

<sup>2)</sup> Für wertvolle Hinweise und Führungen in Transvaal und Natal bin ich den Herren MERENSKY und CORSTORPHINE in Rhodesia, Herrn ZEALLEY vom Museum in Buluwayo besonders dankbar. Im Kaplande durfte ich mich des freundlichen Entgegenkommens von Herren Dr. MARLOTH und A. W. ROGERS erfreuen.

## I. Südafrika bis zur permokarbonischen Vereisung.

Drei Bedingungen treten in Südafrika zusammen, um glaziale Reste zu erzeugen, aufzuzeichnen und kenntlich zu erhalten: Hohe, kontinentale Lage, reiche, terrigene Sedimentbildung und tektonische Ruhe seit alter Zeit.

Geographisch unterscheidet man bekanntlich zwischen einem südlichen »Hochafrika« und einem nördlichen »Niederafrika«. Dieser Gegensatz tritt schon früh hervor: Die Devon-Carbonzeit hat in der Sahara vorwiegend Meeresbildungen, im Süden dagegen Reste festen Landes hinterlassen — nur der äußerste Saum trägt Unterdevon in mariner Entwicklung. Die mesozoischen Meere haben Nordafrika häufiger überflutet, als man früher geglaubt hat<sup>1)</sup>, während im Süden die kontinentale Karrufacies fort dauert. Kreide und Tertiär überschwemmen den Norden in breiten Strömen, während sie im Süden nur den Sockel umsäumen. So erscheint Südafrika geologisch als ein altes Hochgebiet, das sich sehr wohl auch orographisch gelegentlich zu bedeutenden Höhen erheben konnte und das in erster Linie in Betracht kam, wenn es sich darum handelte, Abkühlungen des Allgemeinklimas stratigraphisch festzuhalten. Weisen doch schon die Schrammen und die Geschiebe des Dwyka rückwärts auf dasselbe rhodesische Dach Südafrikas, von dem noch heute die Ströme nach vier Seiten abfließen.

Unter den Sedimenten des älteren Südafrika stehen gut kenntliche Zeugen des Festlandes, Konglomerate und Sandsteine, an der Spitze: Sie bestimmen das Schichtenbild und bauen sich meist nur wenig geneigt übereinander in einer Mächtigkeit, die erst durch die eingeschalteten Discordanzen und eine alternierende Verteilung in der Fläche verständlich wird. Tatsächlich liegen an keiner Stelle Südafrikas alle älteren Formationen übereinander, sondern Ablagerungen an einem Orte scheinen sich an einem andern zu vertreten durch Discordanz- und Abtragungsflächen, und die Gerölle und feineren Baustoffe wandern von Hand zu Hand, ihre Herkunft verwischend.

Fügt man aber die zerstreuten Glieder zusammen, so erhellt, daß uns die Ereignisse fast lückenlos und unter reichlicher Papierverschwendung aufgezeichnet worden sind, und daß wir gerade vom Festlande eine fast nie abreißende Kunde erhalten.

Doch fehlt auch das Meer nicht ganz. Zwischen den älteren Sandsteintafeln, die schwer verwitternd, das Gerüst der Landschaft bilden, liegen mehr Schiefer, als man gewöhnlich annimmt, und solange nicht Fossilien anderes lehren, ist ihre marine Entstehung möglich und wahrscheinlich. Sicher dem Meere entstammt einmal der wahrscheinlich altpaläozoische Dolomit, der vielleicht vom Kap, sicher von der Südgrenze Transvaals her bis nach Nordrhodesia hinein verfolgt ist<sup>2)</sup> und

<sup>1)</sup> EDWIN HENNIG, Zur Paläogeographie des afrikanischen Mesozoicums, BRANCA-Festschrift, Berlin 1914, S. 76.

<sup>2)</sup> STUDDT, Trans Geol. Soc. S. A., XVI, S. 89.



zweitens die bekannten unterdevonischen Trilobiten- und Chonetensandsteine des südlichen Kaplandes<sup>1)</sup>.

Beide Horizonte bilden mit terrigenen, bzw. terrestrischen Hangend- und Liegendschichten zusammen je eine gut von Discordanzen umgrenzte »Triasformation« — die ältere Transvaal- und die jüngere Kapformation. Ob beide Formationen unmittelbar aufeinander folgen oder voneinander noch durch zwei Discordanzen und ein weiteres Zwischenglied getrennt sind, wird noch verschieden beurteilt. In diesen beiden Formationen liegen die zu besprechenden glazialen Reste; in der Transvaalformation oberhalb der Mitte, in der Kapformation näher der unteren Grenze.

Unterlagert wird die Transvaalformation noch durch eine Reihe sandiger, schieferärmerer Bildungen<sup>2)</sup>, die allmählich, d. h. mit einer vielfach auf- und absteigenden schwer definierbaren Grenze zum gefalteten, graniterfüllten »Grundgebirge«, der sog. südafrikanischen Primärformation überleiten.

Über dem Devon folgt, nur im S. konkordant, die Karruformation, mit dem Dwykakonglomerat beginnend<sup>3)</sup>.

Auch tektonisch bewährt sich Südafrika als altes Festland. Kräftige Faltung findet sich oberhalb des Grundgebirges fast nur am Süd- und Südwestrand des Kontinents. Im übrigen herrscht wellige Verlagerung unter mäßigen Neigungswinkeln, und Bruch. Regelmäßig, nachdem eine größere Schichtenlast sich angehäuft hat, wird sie disloziert, so daß die jüngeren Gesteine discordant und mit einem Basalkonglomerat transgredieren und eine »neue Formation« einleiten<sup>4)</sup>. Die fazielle Vorbereitung der Kapfaltung beginnt vielleicht schon mit dem Unterdevon, das nur hier vollständig, sehr mächtig und z. T. marin entwickelt ist und das nur hier konkordant in die Karruformation fortsetzt<sup>5)</sup>. Zur Dwykazeit häufen sich hier Schiefer und mächtige »Driftbildungen«<sup>6)</sup>, während im Norden Abtragung spielt und nur eine dünne Grundmoräne liegen bleibt. Die Faltung erfolgt dann — zwischen Trias und Kreide — von außen gegen den Kontinent und zwar auf zwei uralten<sup>7)</sup>

<sup>1)</sup> KAYSER, Formationskunde 1913, S. 186.

<sup>2)</sup> Zu oberst die »Ventersdorpformation«, in der sich neuerdings ebenfalls glaziale Anzeichen gefunden haben sollen. Sie umschließt neben Konglomeraten und Sandsteinen den unten erwähnten Melaphyrmandelstein. Darunter die Gold-Konglomerate des Witwatersrandes in Transvaal, deren Beziehung zu den (älteren) Graniten bereits unsicher ist.

<sup>3)</sup> Im S. unter Zwischenschaltung von Schiefen und Sandsteinen.

<sup>4)</sup> Diese tektonischen Einschnitte kommen so gleichartig und rhythmisch, daß man versucht ist, an eine (isostatische?) Beziehung zur Sedimentation zu denken. Im Kapgebirge, wo mehrere Formationen sich ruhig sammeln, fällt die verspätete Faltung um so stärker aus.

<sup>5)</sup> Auch hat ROGERS eine Zunahme des Kornes von S. nach N. (und von O. nach W.) verzeichnet.

<sup>6)</sup> Vgl. weiter unten S. 348 ff.

<sup>7)</sup> Schon im Grundgebirge vorgezeichneten.

Richtungen. Der Hauptast folgt der Südküste und ist kräftig nordwärts überkippt, ein schwächerer Nebenast scheint nach NW. bis auf deutschen Boden zu reichen. In diesem Abschnitt ist die Faltung so milde, daß sie die Gesteine, unter ihnen auch glaziale Geschiebe, unverändert gelassen hat.

Basische Eruptionen haben zu verschiedensten Zeiten sehr ähnliche Gesteine geliefert und gelegentlich so riesige Flächen überschwemmt, daß ihre Reste stratigraphisches Ansehen gewinnen; so der schöne Melaphyrmandelstein, den die Diamantröhren von Kimberley durchschlagen und auf dem bei Riverton der Dwykagletscher seine unverwischten Spuren hinterlassen hat. — Die Granite sind — dem Fehlen einer carbonischen Faltung entsprechend — größtenteils vorcarbonisch und gehören dem Grundgebirge an. Jüngere Granite sind aus dem Buschfeldebatholithen in Transvaal bekannt, sowie aus dem Hereroland, wo sie in ungestörten Gesteinstafeln unter sehr eigenartigen Formen aufsitzen<sup>1)</sup>.

## II. Die unterdevonischen Glazialbildungen des Kaplandes

(Tafel XVIII, Fig. 2—8.)

liegen innerhalb des Tafelbergsandsteins und werden von dem fossilführenden Unterdevon gleichförmig überlagert. Von diesem sind sie noch durch etwa 100 m Schiefer und 300 m Sandstein und Konglomerate getrennt<sup>2)</sup>.

Der Tafelbergsandstein, bis zu 1700 m mächtig, ist der Buntsandstein Südafrikas, ein kalkfreies, tonarmes, sandig-konglomeratisches Sediment mit Kreuzschichtung, Wellenfurchen, Trockenrissen und Tongallen; mit gleichmäßigem, mittlerem bis gröberem Korn, guter Bankung und mit verloren eingestreuten Quarzgeröllen, die sich gelegentlich zu Konglomeratlagen zusammenschließen. Freilich fehlt dem Tafelbergsandstein die rote Farbe<sup>3)</sup> und es fehlen ihm Steinsalzabdrücke und andere bindende Beweise eines trockenen Entstehungsklimas<sup>4)</sup>, so daß ROGERS an Flüsse denkt, die in einem sinkenden Lande ihre Schuttfracht abgesetzt haben.

Im westlichen Kapland<sup>5)</sup> teilt ein 100 m dicker Schieferband den Tafelbergsandstein in zwei auch landschaftlich scharf abgegrenzte Tafeln, von

<sup>1)</sup> CLOOS, Geologie d. Erongo in Hereroland, Vorläuf. Mitt. Beitr. z. Geol. Erf. d. deutsch. Schutzgebiete, Heft 3, 1911.

<sup>2)</sup> Genau genommen liegt also nur die obere Altersgrenze der Glazialbildungen fest. Die geringe Mächtigkeit und gleichförmige Lagerung und Ausbildung der trennenden Schichten gestattet aber wohl, wie das fast allgemein geschieht, den ganzen Tafelbergsandstein noch zum tiefsten Unterdevon mit hinzuzuziehen.

<sup>3)</sup> Rötung als Ausnahme sah ich in der Oberstufe des T. am Zwartebergpaß, sowie im Hexrivertal, hier im Hangenden des Schieferbandes.

<sup>4)</sup> Trotzdem verdient die Vergesellschaftung eines solchen Sedimentes mit Gletscherspuren Beachtung. Die englischen Kapgeologen vergleichen den Tafelbergsandstein mit dem Old-red.

<sup>5)</sup> Nach SCHWARZ, 1906, auch im östlichen.



denen die obere noch etwa 330 m mächtig ist. Im unteren Drittel dieser Schieferzone liegen bei Clanwilliam im NW.-Kaplande die glazialen Geschiebe. Außerdem finden sich getrennt davon, unterhalb der Schieferzone, als verstreute Komponenten der unteren Sandsteintafel einzelne Geschiebe auf der »Tafel« des Tafelberges bei Kapstadt.

1. Die kahlen, felsigen Berge von Clanwilliam liefern folgendes Profil:

Oberer Tafelbergsandstein
-----
Schiefer 100 m
Geschiebeton 30 m
-----
Unterer Tafelbergsandstein.

Der obere Tafelbergsandstein ist in allem Wesentlichen eine Wiederholung des unteren.

Der Schiefer ist durch reichlichen Glimmergehalt feingeschichtet und von lichtgelber, etwas glänzender Farbe. Nach unten verliert er ganz allmählich Glimmer und Schichtung, nimmt kleine, dann auch größere, geschliffene und gekritzte Gerölle auf und wird so zu einem mürben Blocklehm, der frisch blaugrün, verwittert violettbraun gefärbt ist. Dies Gestein hält etwa 30—40 m an, dann folgt mit meist scharfer Grenze der helle, harte untere Tafelbergsandstein, der zunächst durch zahlreiche, bis walnußgroße Quarzgerölle konglomeratisch ist und dann in einen gewöhnlichen quarzitären Sandstein übergeht.

Der Blocklehm selbst ist mürbe und zerfällt leicht, so daß er viel unmittelbarer als das verhärtete Dwykakonglomerat an diluviale oder recente Grundmoränen erinnert. Freilich fehlt ihm jede Spur von Kalk, was aber ebenso gut an Auslaugung, wie an der Kalkarmut seiner Bildungstoffe liegen kann. Einschlüsse sah ich in allen Größen, von 40 cm Durchmesser<sup>1)</sup> herab bis zu mikroskopischer Kleinheit, und ihre Beziehung zur »Matrix« ist so, daß man aus jeder Entfernung und bei jeder mikroskopischen Vergrößerung das gleiche Bild erhält: Stets liegen Einschlüsse aller Größen in einem feinkörnigen Restbestand, der sich seinerseits auch wieder in Geschiebe und Matrix auflösen läßt. Erst bei stärkerer Vergrößerung bleibt im Dünnschliff eine honig- bis strohgelbe Restmasse aus trüben Mineralnadeln, offenbar Zersetzungsprodukten, zurück.

An Menge treten die Einschlüsse gegen die Füllmasse sehr zurück, im kleinen kehrt sich das Verhältnis um.

Die Einschlüsse sind zu einem Teil typische, nur kantengerundete Glazialgeschiebe, die von alten Kluft- oder Schichtflächen und gekritzten Schliffläichen begrenzt werden. (Fig. 2 u. 8.) Daneben aber finden sich reichlich geschliffene und gekritzte Gerölle, Stücke, die zuerst vom fließenden Wasser und dann erst vom Eis bearbeitet worden sind. (Fig. 6 u. 7.) An flachen Geröllen sind hierbei stets nur die Breitseiten gekritz,

<sup>1)</sup> ROGERS spricht von 2 Fuß Länge.

wie das auch von diluvialen und Dwykageschieben bekannt ist. An großen Geschieben habe ich Abrollung nie gesehen. Man darf sich wohl vorstellen, das Eis habe neben dem Anstehenden seines Einzugsgebietes unterwegs auch Flußschotter, wahrscheinlich die noch unverfestigten Konglomerate des unteren Tafelbergsandsteins<sup>1)</sup> aufgenommen und mitverfrachtet. Die umgekehrte Reihenfolge — zuerst Gletscherschliff, dann Abrollung im fließenden Wasser — kommt nicht in Betracht. Das Mengenverhältnis zwischen vorher gerollten und nicht gerollten ist an den beiden, voneinander nur 12 km entfernten Aufschlüssen, die ich besucht habe, ein ganz ungleiches, so daß die Gerölle vielleicht erst sehr spät, in geringer Entfernung vom heutigen Fundpunkt beigemischt worden sind<sup>2)</sup>.

Quarz steht unter den Geschieben weitaus an erster Stelle und herrscht unter den gerollten fast allein. Aber auch im übrigen ist das Übergewicht harter Gesteine größer als sonst bei rein glazialen Sedimenten: Quarzit, Hornstein, Chalcedon, quarzitisches Grauwacken, selten Granite und nach den Angaben der Literatur Diabasmandelstein. Nur in einer Probe und dann arg gequetscht und zerkratzt, fand ich ein schiefriges Gestein, während die milden Kalke und Tongesteine, an denen sich die schönsten Dwykaschrammen finden, völlig fehlen. An der Härte der Geschiebe mag es also hauptsächlich liegen, daß die Gletscherspuren nur eben kenntlich, selten in modellmäßig schöner Weise entwickelt sind.

Unter dem Mikroskop findet sich außer dem herrschenden Quarz etwas Feldspat (monokliner und trikliner), Zirkon, Glimmer und Erz. Im Dünnschliff ist das Gestein von einer Dwykaprobe, die ich während eines neuen Uferbaues in Durban sammeln konnte, fast überhaupt nicht zu unterscheiden. Nur einige Quarze sind schwach gerundet, was an der Dwykamatrix nicht der Fall ist, auch hierin im Einklang mit dem unvergrößerten Bilde.

Die Gesteine der Einschlüsse entstammen wahrscheinlich den ältesten Formationen des Kaplandes, die steil gefaltet von dem Tafelbergsandstein transgrediert werden. Sie sind aber wenig charakteristisch und nur mit Vorbehalt schließt ROGERS auf eine Herkunft aus NO.

Die Untergrenze des Blocklehms ist, soweit ich sie verfolgen konnte, so eben, wie es die Struktur der Unterlage überhaupt zuläßt. Außerdem liegen Oberer Sandstein, Schiefer und Unterer Sandstein streng parallel, so daß man von vollkommener Konkordanz zwischen Geschiebelehm und Unterlage sprechen muß. Zugleich habe ich trotz bewußten Suchens irgendwelche mechanische Einwirkungen auf die Unterlage — Glättung, Schrammung, Höcker- oder Rinnenbildung — nicht feststellen können. Es liegt somit der unterdevonische Geschiebelehm auf dem unteren Tafelbergsandstein ähnlich wie die südliche Facies

<sup>1)</sup> Den es ja auf jeden Fall hat schneiden müssen.

<sup>2)</sup> Auf »Klein Vley« (ROGERS 1905, Karte S. 8) herrschen die eckigen, auf »Bosch Kloof«, wo sie überhaupt seltener sind, runde Geschiebe. ROGERS schließt aus dem Fehlen ganz eckiger Stücke auf einen weiten Weg (1905, S. 7).



des Dwyka auf dem sog. Wittebergsandstein. Auch allmähliche Übergänge zur Unterlage, wie sie aus dem Dwyka beschrieben werden, lassen sich gelegentlich beobachten. Bei dem Aufschluß Bosch Kloof nimmt der liegende Sandstein oben Ton auf, verliert Sand und gewinnt an glazialen Einschlüssen gegenüber den normalen Quarzgeröllen. Der Übergang vollzieht sich hier innerhalb etwa 10 m. Ähnliches beschreibt ROGERS von dem Aufschlusse am »Pakhuis-Pass«. (Karte ROGERS 1905.)

In dieser Ausbildung und Lagerung ist der Blocklehm nur auf einer Fläche von etwa 600 qkm bekannt. (Allein der große Aletschgletscher bedeckt 115 qkm.) Dagegen ist die Schieferlage im Tafelbergsandstein fast über das ganze westliche Kapland<sup>1)</sup> auf eine Strecke von 500 km Länge verfolgt worden (ROGERS 1905, S. 6), und es bleibt abzuwarten, ob weitere glaziale Spuren in ihrem Verlaufe gefunden werden, bevor man über die ehemalige, oder auch nur die heutige Ausdehnung einigermaßen urteilen kann.

Wir betrachten zunächst die zweite Fundstelle unterdevonischer Geschiebe auf dem

## 2. Tafelberg bei Kapstadt.

Der bekannte Berg hat, obwohl ständiges Exkursionsziel für Laien und Gelehrte in Kapstadt<sup>2)</sup>, erst spät Beiträge zu unserer Frage geliefert. Dies liegt daran, daß die angeschliffenen und gekritzten Geschiebe nicht wie bei Clanwilliam auffällig und leicht gewinnbar in einer weichen dunkeln Matrix liegen, sondern in dem fast unveränderten Tafelbergsandstein selbst, der ja auch sonst an Geröllen keinen Mangel hat. Gekritzte Stücke sind bis jetzt nur in einer eng begrenzten Zone nahe unter dem Gipfelplateau gefunden worden, etwa 700 m über der Sohle des Tafelbergsandsteins und wahrscheinlich mehrere 100 m stratigraphisch unter dem Glazialhorizont von Clanwilliam.

Der »untere Tafelbergsandstein«, der über einem niedrigen Granit- und Glimmerschiefersockel den Berg aufbaut, zeigt am oberen Tafelrand mürbere, von den glatten, schroffen Wänden des Hauptgesteins durch ihre zerfressene Verwitterung abstechende Lagen, die jedoch im Handstück kaum etwas Besonderes erkennen lassen. In diesem Horizont zeigen die auch weiter unten reichlich eingestreuten Gerölle Gletscherschliff. Wieder ist es hauptsächlich Quarz, seltener Hornstein, Quarzit und Granit und zwar überwiegend mit den Spuren früherer Abrollung. Aber neben diesen, gewöhnlich nur tauben- bis hühnereigroßen Geröllen finden sich größere, eckige Geschiebe mit besonders schöner Schrammung, und am Tage meiner Abreise von Kapstadt wurde ein über fußlanger, prachtvoll gekritzter erratischer Block ins Kapstädter Museum eingeliefert. Eins meiner Stücke (Fig. 7) zeigt die auch von ROGERS erwähnte Dreikanterform, doch so, daß man eher an glaziale Facetten-

<sup>1)</sup> Nach SCHWARZ 1906 auch wieder im Osten der Hauptfaltungszone.

<sup>2)</sup> Ich durfte ihn unter der freundlichen und lehrreichen Führung von Herrn Dr. MARLOTH kennen lernen.



bildung, als an Windkanten denken möchte; möglicherweise haben — wie auf Sylt — Wind, Eis und Wasser daran gearbeitet<sup>1)</sup>. (Fig. 7.)

Das umschließende Gestein ist auch u. d. M. ein echter Sandstein mit zahlreichen gerundeten, daneben einigen scharfkantigen Quarzkörnern, die das Bild bis auf ganz wenig gelbe, zersetzte Restmasse ausfüllen. Die meisten Quarze enthalten Flüssigkeitsschnüre, viele sind undulös, oft noch miteinander zu Quarzit verzahnt wie in dem Tafelbergsandstein des Zwartebergpasses. Die Körner gehören wesentlich einer Größenordnung an; einzelne größere fallen darunter auf.

### 3. Die Deutung.

Sehen wir vorerst von den verlorenen Geröllen des Tafelberges ab, so weisen auf Eiswirkung nur die Schrammung der Geschiebe und die Moränenstruktur des Gesteins. Es fehlt eine geglättete Unterfläche, eine Diskordanz zum Liegenden und es fehlen alle biologischen Reste, die eine Klimaänderung anzeigen könnten. Dürfen wir trotzdem mit einiger Sicherheit von glazialen Bildungen sprechen? Ich glaube, ja. Denn einmal: Wie sollte man den Tatbestand anders erklären? Tektonische Vorgänge bleiben bei der überaus regelmäßigen Lagerung außer Betracht und gewöhnliche Bewegungen nassen oder trocknen Schuttes (Mure, Gekriech usw.) vermögen wohl einzelne Kritzen, aber schwerlich so gute, ebene Schliffläichen zu erzeugen; auch bliebe dann der regelmäßige Schichtenverband und die weite Erstreckung unerklärt. Und zweitens haben wir ja in der südlichen Dwykafacies den Beweis vor Augen, daß und wie ganz ähnliche Sedimente durch Arbeit des Eises entstehen können, ja daß sie unter bestimmten, nicht eben zufälligen und seltenen Bedingungen in dieser Form entstehen müssen.

Genau wie dort legt sich die Moräne von Clanwilliam gleichförmig auf die fast 1000 m mächtigen Sand- und Kiesabsätze eines Flusses, also auf sinkenden Boden. Das tektonisch und vielleicht auch topographisch hochgelegene Quellgebiet aber, das der nördlichen Dwykafacies entsprechen würde, ist heute verdeckt — entweder durch den südatlantischen Ozean oder durch die Karruschichten des nördlichen Kaplandes. ROGERS neigt, wie erwähnt, dazu, die Geschiebe von hier, aus dem Innern des Kontinentes oder wenigstens aus Norden herzuleiten. Mit diesem, aus örtlichen Beobachtungen abgeleiteten Ergebnis stehen die allgemeinen Verhältnisse in vollem Einklang. Denn wie wir sahen, beginnt wahrscheinlich schon im Unterdevon die facielle Vorbereitung des späteren Faltengebirges. Ein Gegensatz bildet sich heraus zwischen einem zentralen Hochgebiete mit lückenhafter Schichtenfolge und diskordanter Lagerung und zwischen einer Randzone des Kontinents, in welcher der Boden fast ständig sinkt und die Sedimente vollständig, mächtig und gleichförmig aufnimmt<sup>2)</sup>. Unsere Glazialschichten liegen in dieser

<sup>1)</sup> Anscheinend aber hier das Eis zuletzt.

<sup>2)</sup> Der NW.-Ast des Faltengebirges scheint — als schwächerer Anhang — in der Facies seiner Schichten nicht vorgezeichnet zu sein.



niederen Saum- oder Schelfzone, ganz so, wie das südliche Dwyka in ihr liegt. Entsprechend kommt als Quellgebiet auch hier das kontinentale Hinterland in erster Linie in Betracht. Wenn uns dessen, schon von vornherein viel dünnere Reste nicht bekannt sind, so mag das zwar an der jüngeren Bedeckung liegen. Aber es ist zu bedenken, daß Ausgangsländer großer Eisdecken überhaupt — wie Skandinavien und die Alpen zeigen — der Zerstörung entgegengehen, und daß nur ihre tiefere Rand- und Außenfacies mit günstigeren Erhaltungsaussichten in die Schichtenfolge eintritt. Auch das zentrale Dwyka ist nur da übrig geblieben, wo die auf die Vereisung folgende, epirogenetische Senkung der Karroozeit (z. T. eine isostatische Wirkung der Eislast?) angedauert hat.

Die Geschiebe des Tafelberges, allein vielleicht nicht beweisend, werden in diesem Zusammenhange zu Vorboten des Ereignisses. Ob sie einer klimatischen Vorphase entstammen oder aber der gleichen, einheitlichen »Eiszeit«, und ob in diesem Falle mindestens der trennende Teil des unteren Tafelbergsandsteines als »fluvioglazial« zu gelten hat, bleibt vorläufig unbeantwortet.

Zusammenfassend und im Einklang mit der Auffassung des südlichen Dwyka und der Darstellung von ROGERS wird man den unterdevonischen Blocklehm von Clanwilliam als eine glaziale Driftbildung ansehen dürfen, die wahrscheinlich aus N. kommend, in einer wasserbedeckten Senke — ROGERS denkt an einen See — ihre Ton- und Geschiebelast abgeworfen hat. Für die paläogeographischen Einzelvorstellungen ist wichtig, daß die Geschiebe in dem Augenblick eintreffen, wo im ganzen Lande die Sand- und Geröllführung zur Ruhe kommt und vorübergehend durch Schlamm- und Glimmer-Ton ersetzt wird. Diese Tatsache läßt vermuten, daß der Tillit nicht zu Beginn der Vereisung auftritt, sondern in einem zufälligen, nur durch die Ablagerungsverhältnisse bestimmten Zeitpunkte während ihres Verlaufes. Diese Annahme findet eine Stütze in den vorausseilenden Geschieben des unteren Tafelbergsandsteines bei Kapstadt.

Will man aber die vorliegenden Reste für Klimafragen der Erde verwenden, so ist zu bedenken, daß selbst mit weitreichenden Neufunden die obere Grenze einer »Lokalvereisung« noch lange nicht erreicht wird. Dies um so weniger, als allgemeine Überlegungen es möglich, ja wahrscheinlich machen, daß das Quellgebiet der Geschiebe ein Hochland gewesen ist, das schon unter erleichterten Bedingungen Gletscher tragen und Geschiebe versenden konnte. Wesentlich abgeschwächt wird diese Überlegung andererseits durch die Tatsache, daß der Eisrand bis in ein ausgebreitetes Wasserbecken, also wahrscheinlich in sehr geringe Meereshöhen, wenn nicht in das Meer selbst, hinabgereicht hat<sup>1)</sup>.

1) v. LOZINSKY gebraucht mit Bezug auf die vorliegenden Funde den Ausdruck »Lokale Eiszeit«, und versteht darunter eine Abkühlung des Allgemeinklimas, die nicht groß genug war, um der Mithilfe örtlicher Faktoren entraten zu können.



### III. Die alt- oder vorpalaeozoischen Glazialbildungen des Kaplandes (Tafel XVIII, Fig. 1 u. 9)

liegen in der Gegend von Griquatown im nördlichen Kapland auf einer Fläche von 25 000 qkm (gleich der Größe der Rheinprovinz), sind also erheblich ausgedehnter als der Tillit des Unterdevons. Sie teilen aber mit diesem den Mangel einer geschrammten Unterlage sowie einer Ergänzung und Bestätigung des geologischen Bildes durch Spuren des Lebens. Zudem werden sie von schwer deutbaren Gesteinen begleitet, kieseligen, wahrscheinlich metamorphen Schichtgesteinen, Hornsteinen und daraus gebildeten Breccien, die kaum erraten lassen, welche Verhältnisse das Erscheinen des Tillits eingeleitet und abgeschlossen haben.

Trotzdem glaube ich, darf man auch hier ohne Vorbehalt für die glaziale Deutung eintreten. Denn — auch ohne die typische Moränenstruktur der Matrix und die treffliche, mit den Dwykageschieben wett-eifernde Schlifffbildung und Kratzung an den Einschlüssen: Wie anders erklärt sich das gänzlich unvermittelte Auftreten grober Gerölle in feinkörnigen oder kristallinen Sedimenten, wie die exotische Herkunft ihrer Gesteine? Selbst kaum 30 m mächtig, wird der Geschiebemergel von 1200—1500 m liegenden und mehr als 1000 m hangenden Schichten umschlossen, die jede gröbere terrigene Beimischung vermischen lassen, vielmehr ausschließlich aus Dolomiten, Kalken, Hornstein, Schiefen und spärlichen Sandsteinen und Quarziten bestehen. Dazu sind die Geschiebe größtenteils exotische Gesteine, die, soweit überhaupt bestimmbar, einen weiten Reiseweg voraussetzen: Kristalline Kalke und Hornsteine bilden die Mehrheit, nach ROGERS (1909, S. 96) unähnlich den 600 m stratigraphisch tiefer anstehenden. Aber auch falls sie von dort stammen, kommt man bei der völligen, auf große Erstreckung verfolgten Konkordanz mit dem Liegenden zu einem weiten Umwege. (ROGERS, 1906, S. 9.)

Herkunft und Weg des Eises sind noch ganz dunkel, denn zwischen den Kalken und Hornsteinen finden sich zwar gelegentlich Quarzite und Sandsteine, dagegen merkwürdigerweise niemals Granit, Schiefer und Diabas, die doch das tiefere Liegende fast allein aufbauen und in den übrigen Moränen Südafrikas nie fehlen. Nur im Dünnschliff ist Feldspat und Glimmer nachgewiesen. Will man nicht an seltsame Zufälle glauben oder an eine Aufarbeitung gerade dieser Gesteine während der Verfrachtung, so kommt man zu dem Schlusse, die Eisdecke habe auch im Ursprungsgebiete nicht bis ins Liegende der Transvaalformation hinabgegriffen, vielmehr hauptsächlich aus dieser selbst ihre Geschiebe bezogen. Damit verzichtet man allerdings auf ein hochliegendes, tief-erodiertes Hinterland, wie es fast allen Eisdecken eigen ist. Aber mit den örtlichen Verhältnissen scheint diese Hypothese in gutem Einklang zu stehen. Denn der liegende Dolomit ist eine mächtige, weitreichende Tafel, die allem Anschein nach noch lange nach ihrer Ablagerung im Zusammenhange Südafrika überdeckt hat und erst bei Anbruch der



nächst jüngeren Formation heftiger disloziert und flächenweise zerstört worden ist. Daß die obersten Transvaalschichten irgendwo diskordant auf den älteren (vordolomitischen) Untergrund übergriffen, ist mir nicht bekannt<sup>1)</sup>.

Einige Einzelheiten über den Tillit und seine Lagerung sind noch nachzutragen: Der Blocklehm selbst mutet im Handstück fremdartig an, weil er stark verkieselt (seine Grundmasse nach SCHWARZ in Jaspis umgewandelt), und durch reichen Eisengehalt rostbraun gefärbt ist. Wenig verändert soll das Gestein blau oder grau sein, ganz ähnlich dem mürben Lehm von Clanwilliam oder den frischen Dwykastücken. Entsprechend dem Reichtum an Kalk und Dolomit unter den Einschlüssen ist auch die Matrix (wie beim Dwyka) sehr carbonatreich, so daß man einen verhärteten Geschiebemergel vor sich hat. Die Struktur ist die ganz typische, ohne jede Schichtung, die Geschiebe ordnungslos verteilt. Die Geschiebe selbst — unter ihnen halbmeterlange »Findlinge« — sind kantengerundet, vielfach »facettiert« und auf den Facetten gekritzelt. Der Entdecker, ROGERS, versichert ausdrücklich, daß die Kritzung schon da ist, ehe die Einschlüsse aus der Matrix herausfallen. Trotz seiner weiten Flächenerstreckung ist der Tillit nirgends mächtiger als 30 m.

Die Gesteine im Hangenden und Liegenden des Tillits sind sich so ähnlich, daß offenbar auch hier nach Überwindung der kurzen glazialen Episode die früheren Verhältnisse zurückkehren. Eine mächtige andesitische Lavadecke dicht über der Moräne unterbricht den stratigraphischen Hergang nur äußerlich.

Die eigenartigen Begleitschichten des Tillits — Schiefer, Hornsteine, Kieselbänke und vereinzelte Quarzit- und Kalklagen — sind unter ungewöhnlichen, örtlich beschränkten Bedingungen entstanden. ROGERS denkt nur ganz allgemein an ruhiges Meereswasser, hält aber mit Einzelbeschreibungen zurück. Im Normalgebiet der oberen Transvaalformation in der Gegend von Pretoria und Johannesburg herrschen viel einfachere Verhältnisse: Mächtige Schieferbänder und Quarzittafeln wechseln dreimal; vulkanische Gesteine fehlen und es fehlt bis jetzt jede Spur des Eises. Falls diese negative Beobachtung der fortschreitenden Forschung standhält, gibt sie einen wichtigen Fingerzeig für die ursprüngliche Verbreitung der Eisdecke. Offenbar lag diese nur innerhalb der abnormen Facies und stand möglicherweise in ursächlicher Beziehung zu deren Entstehungsbedingungen. Die nächsten Erosionsränder der normalen Ausbildung sind von der glacialen 500 km entfernt.

Über das Alter dieser Glazialbildungen unterrichten uns folgende Tatsachen: Etwa 1000 m über dem Tillit beginnt diskordant eine Sandsteinformation, die von den Transvaalgeologen für Tafelbergsandstein, also für tiefstes Unterdevon, von ROGERS dagegen für eine eigene, ältere

<sup>1)</sup> Ausnahmsweise findet sich eine Discordanz innerhalb des Dolomits bei Lipfontein, Trans. Geol. Soc. South Afr., IX, Tafel II.

Formation angesehen wird. Je nach der Entscheidung dieser Frage würde der Glazialhorizont mehr oder weniger tief in oder unter das älteste Paläozoicum hinabrücken. ROGERS denkt an Silur oder Cambrium; auch Algonkium würde noch in Betracht kommen. Der 600 m unter dem Glazial endende Dolomit hat bekanntlich zwar noch immer nichts Bestimmbares geliefert, verspricht, aber doch für die Zukunft noch am ersten direktere Auskunft. Mit dem Alter des Dolomits würde der Tillit eine wenigstens nahe, untere Altersgrenze erhalten.

### Die palaeozoischen Eiszeiten Südafrikas.

Es lockt, zum Schlusse die schon länger bekannten und so viel reicher entwickelten Glazialbildungen der Permocarbonzeit zum Vergleiche heranzuziehen<sup>1)</sup>. Bekanntlich erscheint die Dwykamoräne in zwei Facies, einer nördlichen Hauptfacies, wo der Geschiebemergel diskordant auf einem unebenen, geschrammten Mosaik zahlreicher älterer, bunt dislocierter Formationen aufruht und wenig mächtig ist, und in einer südlichen »Driftfacies«, die, sehr mächtig, konkordant auf die stratigraphisch nächst älteren Schichten folgt und diese nicht geschrammt hat. Den beiden stratigraphischen Ausbildungsformen entspricht eine ungleiche Tektonik: Das nördliche Dwyka liegt auf gehobenem und zwar auf ungleich gehobenem Boden und hat sich seinen Ablagerungsraum erst selbst freilegen und glätten müssen. Das südliche fällt auf sinkenden Boden und füllt rein passiv eine vorgebildete Vertiefung aus. Dabei ist es möglich, ja wahrscheinlich, daß die Unterlage des südlichen Dwyka damals unter Wasser lag und die Geschiebe als »Driftmoräne« zum Absatz gekommen sind. Aber notwendig ist diese Annahme nicht. Es mag auch PHILIPPIS geänderte Ansicht zu Recht bestehen, daß die südliche Facies ebenfalls auf dem Lande gebildet ist<sup>2)</sup>. Sie würde dann ihre Sondereigenschaften nur dem Verhalten des Untergrundes verdanken: Seiner ebenen Oberfläche und seiner tiefen, fortdauernd weiter vertieften Lage, die der Eissole keinen ihre Erosionskraft belebenden Widerstand entgegensetzten.

In beschränktem Maße läßt sich diese Überlegung auch auf das unterdevonische Glazial von Clanwilliam übertragen, das ja ebenfalls von Sanden unter-, von Schiefen überlagert wird und zwar beiderseits konkordant. Aber daß die Grundmoräne nach den Seiten in geschiebefreien Schiefer übergeht, paßt doch mehr in den Rahmen der Drifttheorie. Drift hat wohl zweifellos das Geschiebeband von Griquatown erzeugt, da es ausschließlich von Ablagerungen stehenden Wassers, wahrscheinlich Meereswassers, begleitet wird.

<sup>1)</sup> Ich habe die Dwykaschichten an fünf, in weiten Abständen über S.-A. verteilten Aufschlüssen gesehen und stimme rückhaltlos in die begeisterte Bejahung ein, mit der PHILIPPI von S.-A. und insbesondere von den prachtvollen Gletscherböden am mittleren Vaal zurückgekehrt ist.

<sup>2)</sup> Zentralblatt für Min. usw. 1908. S. 357.



Die Ausdehnung der drei Moränen ergibt, wenn man die Dwykaresten von Rhodesia und dem deutschen Namaland als »Zeugen« einer geschlossenen Decke rechnet, folgende Zahlen:

- Permocarbon diskordante Facies 1 000 000 qkm,
- Permocarbon konkordante Facies 100 000—200 000 qkm,
- Alt-Unterdevon 600 qkm,
- Alt- oder Vor-Paläozoicum 25 000 qkm.

Das Mißverhältnis zwischen den älteren Vereisungen und dem Dwyka verringert sich, wie man sieht, schon erheblich, wenn man nur die konkordante Dwykafacies in Vergleich zieht.

Die trotzdem noch bleibende geringere Ausdehnung der älteren Bildungen ist zu einem Teil ursprünglich: Für beide Horizonte sind eisfreie Schwesterbildungen nachgewiesen, für das Unterdevon sogar der seitliche Übergang in diese. Dagegen sind geschiefbefreie Absätze der Dwykazeit im südlichen Afrika beinahe unbekannt und das Dwykakonglomerat endet fast überall an Abtragungsrändern.

Petrographisch spiegelt sich diese ungleiche Ausdehnung in der Zusammensetzung der Geschiebe: Die beispiellose Buntheit des Dwykakonglomerats — einer Gesteinssammlung aus ganz Südafrika — wird von den älteren Bildungen nicht annähernd erreicht. Stratigraphisch aber kommt die überragende Bedeutung der Dwykavereisung wohl in nichts vernehmlicher zum Ausdruck, als — neben den außerafrikanischen Beziehungen, die nicht in diesen Zusammenhang gehören — in dem grundlegenden stratigraphischen Umschwung, der mit der Grundmoräne einsetzt und der durch den Namen der Karruformation gekennzeichnet wird. Etwas auch nur entfernt Vergleichbares fehlt in der Entwicklung der älteren Bildungen. Vielmehr kehren im Hangenden nach kurzer Zeit die Verhältnisse des Liegenden zurück, und die Stratigraphie geht über die glaziale Episode zur Tagesordnung über.

Zu einem anderen, wahrscheinlich größeren Teil sind aber auch die älteren Geschiebehorizonte erst nachträglich durch Erosion beschnitten, nicht zuletzt durch jene umfänglichen Zerstörungsvorgänge, die an der Untergrenze der Dwykamoräne spielen, und deren Werke in dem bunten, mächtigen Schuttwall des südlichen Dwyka aufgestapelt sind. Beide Begrenzungen — primäre und sekundäre — gehorchen den Linien der allgemeinen Entwicklung. Schon die devonischen Reste binden sich an jenen tiefen Saum des Kontinents, der dann für die Verteilung der Dwykafacies und der Kreide- und Tertiärschichten und bis heute maßgebend geblieben ist. Aber im Devon ist diese Beziehung noch undeutlich. Im Altpaläozoicum fehlt sie noch ganz, und seine Driftmoräne liegt im Herzen Südafrikas.

Ursächliche Beziehungen bestehen endlich zwischen der Häufigkeit eiszeitlicher Reste und der Stratigraphie in Südafrika. Wenn irgendwo, so müssen auf einem dauerhaften hochliegenden Kontinent, zumal wenn er reichlich terrigene Sedimente ausschüttet, Abkühlungen des Klimas,

auch des Allgemeinklimas stratigraphisch festgehalten werden. Man wird so weit gehen dürfen zu fragen: Ist die Art der Schichtbildung so glücklich und ihre Zusammensetzung und Erhaltung so vollständig, daß alle nachhaltigeren Klimatiefen festgehalten werden mußten? Dürfte man somit aus dem Fehlen glazialer Wirkungen in den Zwischenschichten auf das Fehlen glazialer Ursachen schließen?

Ich glaube, mit einigem Vorbehalt darf man, wenn überhaupt, so für Südafrika diese Frage bejahen.

Darüber hinaus können die Verhältnisse kaum günstiger liegen, wenn es sich darum handelt, einem Rhythmus der Eiszeiten nachzuspüren. Denn relative Zeiten lassen sich wohl aus keiner Schichtenfolge leichter und genauer ausrechnen, als aus diesen ewig wiederkehrenden, unter fast gleichen Bedingungen aufgestapelten Konglomeraten, Sanden und Schiefen. So weit man bis heute sehen kann, sind die Tatsachen einem Rhythmus eher günstig als ungünstig. Aber in dieser Richtung liegt noch viel zukünftige Arbeit. Ein weiteres Ziel künftiger Forschung sehe ich, wenigstens für die älteren Eiszeiten Südafrikas, in der Ermittlung gleichzeitiger, nicht im engsten Sinne glazialer Klimawirkungen. Die breite Entwicklung eisfreier Nebenformen eröffnet da ein weites, noch kaum beackertes Feld im Sinne der Vorstellungen, die sich an die Ausdrücke »fluvioglaziale« Sedimente, »periglaziale« Verwitterung<sup>1)</sup> und an die Tatsache einer »pluvialen« Facies der pleistocänen Eiszeit anknüpfen.

Von den Ursachen der südafrikanischen Eiszeiten sollten in diesem Zusammenhange nur die kleineren, örtlichen berührt werden. Hohe Lage des Gletscherherdes<sup>2)</sup> ist für die Dwykazeit möglich — durch die Zusammensetzung der Geschiebe, wie durch die geologische Vorgeschichte und den Weg des Eises. Wahrscheinlich ist sie auch für die unterdevonische Vereisung, aus den gleichen Gründen. In beiden Fällen reicht aber das Gletscherende in Niederungen herab, die ohne allgemeine Abkühlung Eis kaum geduldet haben würden. Bei den altpaläozoischen Glazialbildungen spricht der seichte Ursprung der Geschiebe mehr gegen als für eine hohe Herdlage; vom Eisrande gilt das Gleiche wie oben. Für die Frage der Meeres- und Luftströmungen jener Zeiten und ihrer Wirkungen auf das örtliche Klima ist der Stand der Kenntnisse noch lange nicht reif; für die beiden älteren Vereisungen wird er es vielleicht niemals werden. Immerhin beleuchtet eine so umstürzende Tatsachengruppierung, wie die von ALFRED WEGENER versuchte<sup>3)</sup>, wie unsicher auch für das Permocarbon noch unsere Grundlagen sind.

1) Vgl. die Arbeiten von v. LOZINSKI.

2) Nicht notwendig im Sinne eines Hochgebirges.

3) A. WEGENER, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, Sammlung Vieweg, Braunschweig 1915, S. 000.









### Literatur.

1. Für die unterdevonischen Glazialbildungen:

A. W. ROGERS, On a glacial conglomerate in the Table mountain sandstone, Trans. South. Afr. Phil. Society, XI, 4, S. 236, 1902.

A. W. ROGERS, The glacial conglomerate in the Table mountain series near Clanwilliam. Trans. South. Afr. Phil. Society, XVI, 1, 1905, S. 1.

Annual Reports of the Geological Commission, Capetown, V, S. 79, 1900.

E. H. L. SCHWARZ, The three Palaeozoic ice-ages of South Afrika, The Journal of Geology, XIV, S. 686, 1906.

A. W. ROGERS und A. L. DU TOIT, An Introduction to the Geology of Cape Colony, London 1909, S. 133.

2. Für die alt- oder vorpaläozoischen Glazialbildungen:

A. W. ROGERS, The Campbell Rand and Griquatown Series in Hay. Trans. Geol. Soc. of S. Afrika, IX, 1906, S. 1.

E. H. L. SCHWARZ (vgl. oben), S. 686.

A. W. ROGERS und A. L. DU TOIT (vgl. oben) S. 96.

### Erklärung zu Tafel XVIII.

Die (großen) Geschiebe 1 und 9 sind ausgewählte Proben aus dem vor- oder altpaläozoischen Glazial von Griquatown und liegen im Museum zu Kapstadt. Die Aufnahmen habe ich mit freundlicher Erlaubnis der Museumsleitung hergestellt.

Alle übrigen Geschiebe stammen aus dem unterdevonischen Glazial des südwestlichen Kaplandes und sind vom Verfasser im Laufe von etwa 10 Stunden gesammelt, stellen also durchschnittliche Proben dar.

2, 3 und 8 von Klein Vley bei Clanwilliam, 4 von Bosch Kloof bei Clanwilliam, 5 und 6 vom Tafelberg bei Kapstadt, 7 Dreikanter vom Tafelberg bei Kapstadt (Unterseite).

Sämtliche Geschiebe in  $\frac{2}{3}$  der nat. Größe. 6 und 7 in der Freiburger Institutsammlung, die übrigen im Besitz des Verfassers.

## Wesen, Ursachen und Arten der Schichtung.

Von K. Andrée (Königsberg i. Pr.).

»... und besonders bezeichnend ist, daß man eine der alltäglichsten Erscheinungen, die bei jeder geologischen Untersuchung ungezählte Male beachtet und verwertet wird, einfach darum nicht oder nur im Vorübergehen als Problem behandelt, weil unsere Kenntnis der Gegenwart nichts zur Lösung Geeignetes an die Hand gibt, nämlich das Problem, wie in den Sedimentgesteinen die Bankung und Schichtung entsteht« — so schrieb M. SEMPER vor kurzem in seinem interessanten Buch über GOETHES geologische Studien. Und in der Tat: Fast durchweg wird die Schichtung als etwas so Gewöhnliches und Gegebenes aufgefaßt, daß über ihre Entstehung nur selten noch nachgedacht und nachgeforscht wurde. Gleichwohl stimmt es nicht ganz, daß unsere Kenntnis der Gegenwart nichts zur Lösung Geeignetes an die Hand gäbe. Vielmehr läßt sich auch heute schon über Wesen und Ursachen der Schichtung

allerhand aussagen, was im folgenden an Hand der Literatur und eigener Studien geschehen soll, die Verf. bei seinen Vorarbeiten zu einer Allgemeinen Geologie der Sedimente und Sedimentgesteine, sowie bei Behandlung eines speziellen Falles von »Repetitionsschichtung« getrieben hat. Die benutzte Literatur ist folgende:

1. L. AGASSIZ in U. S. Coast Survey Report for 1866, S. 125. (Zit. nach MOJSISOVICS).

2. L. AGASSIZ, Bull. Mus. Comp. Zool. Cambridge Nr. 13, 1869, S. 373. (Zit. nach J. WALTHER.)

3. O. AMPFERER, Über die sedimentäre Abbildung. Jahrb. k. k. geol. Reichsanstalt 1906, 56, S. 608—612.

4. K. ANDRÉE, Über stetige und unterbrochene Meeressedimentation, ihre Ursachen, sowie über deren Bedeutung für die Stratigraphie. Neues Jahrb. f. Mineralogie usw. Beil.-Bd. 25, 1908, S. 366—421.

5. K. ANDRÉE, Die Diagenese der Sedimente, ihre Beziehungen zur Sedimentbildung und zur Sedimentpetrographie. Geol. Rundschau 1911, II, S. 61—74, 117—130.

6. K. ANDRÉE, in »Über Sedimentbildung am Meeresboden, I«. Geol. Rundschau 1912, III, S. 344—345.

7. K. ANDRÉE, Moderne Sedimentpetrographie, ihre Stellung innerhalb der Geologie, sowie ihre Methoden und Ziele. Geol. Rundschau 1914, V, S. 463—477, bes. 472—474.

8. K. ANDRÉE, Der Zyklus der Bewegungsformen der Lithosphäre in: Über die Bedingungen der Gebirgsbildung. Berlin, Gebr. Bornträger 1914, S. 79—85.

9. K. ANDRÉE, Über ein Problematikum aus dem Culm von Battenberg an der Eder und das dasselbe beherbergende Gestein. KAYSER-Festschrift (im Druck).

10. FELIX AUERBACH, Die Gleichgewichtsfiguren pulverförmiger Massen. Annalen der Physik 1901, (4) 5, S. 170—219.

11. M. BERTRAND, Structure des Alpes françaises et récurrence de certains faciès sédimentaires. C. R. 6. Congrès Géologique International Lausanne S. 163—177.

12. M. BLANCKENHORN, Zeitschr. Deutsch. Geolog. Ges. 1901, 53, S. 458/9, Fig. 31.

13. J. G. BORNEMANN, Über den Buntsandstein in Deutschland und seine Bedeutung für die Trias nebst Untersuchungen über Sand- und Sandsteinbildungen im Allgemeinen. Jena, G. Fischer 1889, S. 10—15. »Diagonalschichtung.«

14. TH. BRANDES, Die faziellen Verhältnisse des Lias zwischen Harz- und Egge-Gebirge usw. Neues Jahrb. f. Min. usw. Beil.-Bd. 33, 1912, S. 366, 367, 482.

15. G. BRAUN, Über marine Sedimente und ihre Benutzung zur Zeitbestimmung. Meereskunde 7, 7, Berlin 1913.

16. ALPH. BRIART, Sur la stratification entrecroisée. Bull. de la Soc. Géol. de France, III. série, t. VIII, 1879/80, S. 586—588 (anschließend Diskussion: SAUVAGE, VAN DEN BROECK, BRIART, GOSSELET, BRIART, DOUVILLÉ, S. 588—591).

17. H. CLOOS, Kreuzschichtung als Leitmittel in überfalteten Gebirgen. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1914, XXII, S. 340—343, 3 Textfig.

17a. COLLOT, Sur le delta pliocène du Rhone à Saint-Gilles (Gard). C. R. Ac. Sc. Paris 90, 1880, S. 548—549.

18. EDG. DACQUÉ, Grundlagen und Methoden der Paläogeographie. Jena, G. Fischer 1915, S. 240—267 (Sedimentationszyklen), S. 193/4, 222, 226, 329, 332, 337, 339 (Kreuzschichtung).

18a. E. DESOR, Les deltas torrentiels. Lettre à M. Daubrée (Nice 14, II, 1880). C. R. Ac. Sc. Paris 90, 1880, S. 324—327.

19. W. DIENEMANN, Das oberhessische Buntsandsteingebiet. Jahrb. k. preuß. geol. Landesanst. f. 1913, XXXIV, II (Berlin 1914), S. 317—404, Taf. 5. Besonders S. 343—347 (Kreuz- und Diagonalschichtung).



20. R. VON DRASCHE, Fragmente zu einer Geologie der Insel Luzon. Wien 1878, S. 43. (Zit. nach MOJSISOVICS.)
21. E. FISCHER, Geologische Untersuchung des Lochengebietes bei Balingen. Geolog. u. paläontolog. Abhandlungen N. F. XI, (XV), 4, Jena 1913, S. 59.
22. G. FORCHHAMMER, Geognostische Studien am Meeresufer. Neues Jahrb. f. Min. usw. 1841, S. 1—38, Taf. III.
23. W. FRANTZEN, Untersuchungen über die Diagonalstructur verschiedener Schichten mit Rücksicht auf die Entstehung derselben im Buntsandstein. Jahrb. kgl. Preuß. Geolog. Landesanst. f. 1892, S. 138—176, Taf. XI—XVI.
24. K. VON FRITSCH, Allgemeine Geologie. Stuttgart 1888, S. 81, Fig. 27. (Zit. nach BORNEMANN.)
25. GERARD DE GEER, Geochronologie der letzten 12 000 Jahre. Geolog. Rundschau 1912, III, S. 457—471. (Das Gleiche in Englisch in C. R. de la 11. Session du Congrès Géologique International. Stockholm 1910, I, S. 241—253, Pl. I, 2.)
26. G. K. GILBERT, Ripple marks and cross-bedding. Bull. of the Geological Soc. of America, 1899, Vol. X, S. 135—139, pl. XIII, 5 Fig.
27. J. GOSSELET, Sur l'origine de la Stratification entrecroisée. Ann. de la Soc. Géol. du Nord 1882, IX, S. 76—83.
28. AM. W. GRABAU, Types of cross-bedding and their stratigraphic significance. Science N. S. 1907, Vol. XXV, S. 295—296.
29. AM. W. GRABAU, Early paleozoic delta deposits of North America. Bull. of the Geol. Soc. of America 1913, Vol. 24, S. 399—528, Pl. 12.
30. AM. W. GRABAU, Principles of Stratigraphy. New York, A. G. Seiler u. Co. 1913, S. 590, 697—706.
31. E. HAUG, Traité de Géologie. I. Paris 1907, S. 434.
32. ALB. HEIM, Einige Gedanken über Schichtung. Geologische Nachlese Nr. 21. Vierteljahrsschr. d. Naturforsch. Ges. Zürich 1909, 54, S. 330—342.
33. ALB. HEIM, Über Schichtung bei chemischen Sedimenten. Actes de la Soc. Helvétique des Sc. Nat. 92me Session, Lausanne 1909, t. I, S. 207.
34. ALB. HEIM, La stratification de certains sédiments chimiques. Arch. des Sc. phys. et nat. de Genève, t. 23, S. 468/9.
35. ARN. HEIM, Über rezente und fossile subaquatische Rutschungen und deren lithologische Bedeutung. Neues Jahrb. f. Min. usw. 1908, II, S. 136—157, Taf. XIII.
36. W. HENKE in Monatsber. Deutsch. Geol. Ges. 1911, 63, S. 101.
37. L. HEZNER, Abschnitt: Schichtung und Schichtfuge im Artikel »Gesteinsabsonderung« in Handwörterbuch der Naturwissenschaften IV. (Jena 1913). S. 1076.
38. W. H. HOBBS, Guadix formation of Granada, Spain. Bull. of the Geol. Soc. of America 1906, Vol. 17, S. 285—294, pls. 35—36.
39. A. G. HÖGBOM in Precambrian Geology of Sweden. Bull. of the Geol. Institut. of Upsala 1909, X, S. 32, Fig. 8.
40. ED. HULL, On iso-diametric lines, as means of representing the distribution of sedimentary clay and sandy strata, as distinguished from calcareous strata etc. Quart. Journal of the Geol. Soc. London 1862, 18, S. 127—146, Pl. VII.
41. ALFR. JENTZSCH in Gerhardt, Handbuch des Deutschen Dünenbaues. Berlin 1900, S. 88—91.
42. K. KEILHACK, Lehrbuch der praktischen Geologie. Stuttgart 1896. S. 56/57.
43. E. M. KINDLE, Cross-bedding and absence of fossils considered as criteria of continental deposits. Americ. Journ. of Sc. 1911, 4. ser., XXXII, S. 225—230.
44. O. KRÜMMEL in Handbuch der Ozeanographie 1907, I, S. 206—208, 1911, II, S. 197.
45. H. LORETZ, Über Schieferung. Ber. über die Senckenberg. Naturforsch. Ges. in Frankfurt a.-M. 1879—80, S. 61—116.



46. GEORGE D. LOUDERBACK, Pseudostratification in Santa Barbara County, California. Univ. of California Publ. Bull. of the Department of Geology, Vol. 7. 1912, S. 21—38, pls. 3—6.
- 46a. K. MARTIN, Bemerkungen über sogen. Korallenkalk oder Karang. Centralbl. f. Mineralogie usw. 1911, S. 283.
47. E. MOJSISOVICS VON MOJSVAR, Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien. Beiträge zur Bildungsgeschichte der Alpen. Wien, Alfred Hölder 1879, S. 168, 169, 491, 502, 503.
48. E. NAUMANN, Artikel »Schichtung« in Handwörterbuch d. Naturwissensch., Bd. VIII, (Jena 1913), S. 900—905.
49. J. S. NEWBERRY, Circles of Deposition in American Sedimentary Rocks. Proc. of the Am. Assoc. for the Advancement of Sc. Portland Meeting 1873, S. 185—196 (1874).
50. E. PHILIPPI, Über das Problem der Schichtung und über Schichtbildung am Boden der heutigen Meere. Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1908, 60, S. 346—377.
51. E. PHILIPPI, Die Grundproben der Deutschen Südpolar-Expedition 1901—1903. Deutsche Südpolar-Expedition, II. Bd. Heft VI (Berlin 1910), S. 591—599.
52. A. PIWOWAR, Über Maximalböschungen trockener Schuttkegel und Schutthalden. Züricher Inaugural-Dissertation 1903, Vierteljahrsschrift d. Naturf. Ges. Zürich 1903, XLVIII, S. 335—359.
53. J. F. POMPECKJ in: Die Bedeutung des Schwäbischen Jura für die Erdgeschichte. Stuttgart 1914, S. 28/29.
54. O. M. REIS, Beobachtungen über Schichtenfolge und Gesteinsausbildungen in der fränkischen Unteren und Mittleren Trias. I. Muschelkalk und Untere Lettenkohle. II. Teil. Über Gesteins- und Schichtgestaltungen usw. Geognostische Jahreshefte 1909, XXII, S. 110, 111, 115, 116.
55. FR. RINNE, Gesteinskunde. Leipzig 1914, 4. Aufl., S. 13, 14, Fig. 19.
56. W. SALOMON, Die Adamellogruppe, ein alpines Zentralmassiv und seine Bedeutung für die Gebirgsbildung und unsere Kenntnis von dem Mechanismus der Intrusionen. I. Teil. Abh. k. k. geol. Reichsanst. Wien 1908/09, 21, Heft. 1, S. 313.
57. J. J. SEDERHOLM, Les roches préquaternaires de la Fennoscandia. (Atlas de la Finlande 1910, Carte No. 5.) Helsingfors 1910, S. 17, 23.
58. G. STEINMANN, Geologische Beobachtungen in den Alpen. II. Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br. 1905, XVI, S. 51.
59. ED. SUESS, Das Antlitz der Erde, 1888, II, S. 277.
60. AL. TORNQUIST, Die Annahme der submarinen Erhebung des Alpenzuges und über Versuche, Vorstellungen über submarine Gebirgsbewegung zu erlangen. Sitz.-Ber. K. Preuß. Akad. Wissensch. Berlin 1909, IV, S. 103.
61. FR. TOULA, Über die Kongerien-Melanopsis-Schichten am Ostfuße des Eichkogels bei Mödling. (Eine Studie über Diagonalschichtung.) Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. 1912, 62, S. 53—70, Taf. II, III.
62. FR. WÄHNER, Über Gesteinsschichtung und deren Einfluß auf die Gestaltung der Landschaft. Vorträge des Ver. z. Verbreitung naturwissensch. Kenntnisse in Wien. Wien 1897, XXXVII, Heft 13.
63. JOH. WALTHER, Die Denudation in der Wüste und ihre geologische Bedeutung. Untersuchungen über die Bildung der Sedimente in den Ägyptischen Wüsten. Abh. Math.-phys. Cl. Kgl. Sächs. Ges. Wiss. XVI. Leipzig 1891, Nr. III, S. 516—520.
64. JOH. WALTHER, Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. Jena 1893/4, S. 620—641: Die Auflagerungsflächen und die Entstehung der Schichtung.
65. JOH. WALTHER, Zeitschr. Deutsch. geol. Ges. 1909, 61, S. 285/6, 293.
66. JOH. WALTHER, Das Gesetz der Wüstenbildung. 1912. 2. Aufl., S. 234.



67. C. WIMAN, Über silurische Korallenriffe in Gotland. Bull. of the Geol. Inst. of Upsala 1897, S. 311—326, Pl. VIII—X. Upsala 1898.

68. C. WIMAN, Mündl. Mitt. an den Verf. bei Gelegenheit der Gotland-Exkursion des Stockholmer International. Geologenkongresses im August 1910.

69. ARTUR WINKLER, Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. 1913, 63, S. 577.

### Einleitung:

#### Schichtung, Schicht, Schichtfläche, Schichtfuge, Dachfläche, Sohlfläche. — Pseudoschichtungen.

Schichtung ist die Eigenschaft<sup>1)</sup> der Sedimente und Sedimentgesteine, aus einzelnen mehr oder minder dicken, sowie seitlich mehr oder minder weit sich erstreckenden Lagen zu bestehen, welche, falls sie nicht auch stoffliche Verschiedenheiten zeigen, so doch wenigstens eine leichte Trennbarkeit nach den Schichtflächen erkennen lassen. Eine leichte Trennbarkeit nach allen Schichtflächen ist aber nicht unbedingte Notwendigkeit für den Begriff der Schichtung. Dieselbe kann vielmehr auch durch eine veränderte Widerstandsfähigkeit gegen Auflösung, verschiedene Härte oder Färbung, durch eingelagerte Gerölle, Fossilien oder Konkretionen<sup>2)</sup> nur angedeutet sein, und Verf. vermag nicht auf dem Standpunkt zu stehen, daß eine Absonderungsfläche zwischen den sich überlagernden Schichten für den Begriff der Schichtung notwendig sei, wie JOH. WALTHER (64) und andere wollten. Solche allerdings häufig auftretenden Absonderungsflächen erscheinen im Querschnitt in der Form der sogenannten Schichtfugen. Es besteht aber häufig deutliche Schichtung innerhalb von durch Schichtfugen gegen das Liegende und Hangende getrennten Bänken, und die Schichtfugen bezeichnen in der Regel nur den Ausstrich eines Teiles aller vorhandenen Schichtflächen. Schichtfugen beruhen entweder — aber nur in seltenen Fällen — auf einem Unterbruch des Absatzes und mehr oder minder starker Verhärtung der älteren vor Ablagerung der jüngeren Schicht<sup>3)</sup>; in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle aber entstehen

1) Schichtung ist als Eigenschaft der Raumerfüllung eine Textur. Demgegenüber bezeichnen wir mit anderen Autoren als Strukturen diejenigen Eigenschaften, bei welchen Gestalt, Größe und gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Komponenten in Frage kommen. Nicht immer läßt sich scharf zwischen Textur und Struktur unterscheiden; wenn z. B. in einer horizontal gelagerten Schotterlage alle plattenförmigen Geschiebe nach derselben Richtung geneigt liegen, wie das bei Flußschichtung gelegentlich der Fall ist, dann könnte man in Zweifel sein, ob dieses unter den Texturen oder Strukturen zu behandeln sei. Nach unserem Gefühl kommt am ehesten das Letztere in Frage.

2) In diesem Falle kann durch die nachträgliche Entstehung der Konkretionen eine vielleicht ganz versteckte Schichtung zutage getreten sein. Die Ursache solcher unter den Begriff der Diagenese fallenden Konkretionsbildung muß in einer chemischen oder auch physikalischen Besonderheit einer bestimmten Lage liegen, welche Erscheinung äußerlich vielleicht in keiner Weise auffällt.

3) Oder aber, nach KEILHACK (42), darauf, »daß eine später wieder vollständig verschwundene dünne Haut von Algenvegetation Zeit hatte, sich auf jener an-



die Schichtfugen durch die Einschaltung weicher, leicht herauswitternder, dünner Zwischenmittel abweichender Beschaffenheit, etwa dünner Tonblätter zwischen Kalksteinen. Auf keinen Fall ist eine Verhärtung der älteren vor Ablagerung der jüngeren Schicht nötige Vorbedingung für die Entstehung von Schichtfugen.

Schichtung ist eine Ureigenschaft eines jeden Sédimentes und wird, ganz allgemein, durch den Absatz der verschiedenen Sedimentkomponenten aus einem beweglichen Medium (Wasser, Luft) unter dem Einfluß der Schwerkraft erzeugt, sowie irgend eine der komplizierten Ablagerungsbedingungen einer Änderung unterliegt. Eigentliche Schichtung fehlt daher, sofern wir kleinere Verhältnisse ins Auge fassen, in der Regel den nicht eigentlich sedimentierten, sondern »gewachsenen«, autochthonen Riffbildungen fossiler Organismen, insbesondere der Kalkalgen (partim), Riffkorallen, Bryozoen usw. Aber auch bei diesen, gleichwohl zu den Sedimenten gehörenden Gesteinsmassen, die ja zudem selten ganz rein aus gewachsenem Material bestehen, tritt Schichtung sofort in Erscheinung, wo entweder seitlich oder im Liegenden oder Hangenden andere Gesteinsarten auftreten; und solche Riffmassen gehören ebenso zu den Schichtgesteinen, wie eine einheitlich erscheinende mächtige Sandsteinbank oder eine dicke Steinsalzlage, in denen infolge langer Zeit gleichmäßiger Absatzbedingungen Schichtfugen nicht erkennbar sind.

Die einzelnen, durch Schichtflächen voneinander getrennten Teile einer geschichteten Gesteinsfolge nennt man Schichten. Ihre seitliche Erstreckung ist sehr verschieden groß. Irgend einmal geht aber jede Schicht, mag sie auch noch so große Ausdehnung haben, entweder allmählich in ein anderes Gestein über oder aber sie wird immer dünner und dünner und »keilt« schließlich »aus«; an ihre Stelle tritt dann in der Regel eine Schichtfuge. Jede Gesteinsschicht hat demnach eine mehr oder minder langgestreckte Linsenform. Ob dieselbe aber bereits in einem einzelnen Aufschlusse in Erscheinung tritt oder erst durch genauere stratigraphische und lithologische Vergleiche vieler Profile erschlossen werden kann, hängt ganz von der Schichtungsart und dem Ort der Schichtentstehung ab. Am weitesten aushaltend wird man immer die Sedimente tieferen Meerwassers finden; je unregelmäßiger aber die in flachem Wasser und auf dem Lande entstehenden Schichtungen sind, desto häufiger wird man das Auskeilen der Einzelschichten beobachten.

Nicht immer gelingt es, die Schichtflächen frei zu legen; am leichtesten ist es dort, wo auch Schichtfugen in Erscheinung treten, doch zeigt sich die Schichtung sonst vielfach in verminderter Kohäsion längs

---

zusiedeln, wodurch eine vollkommene Verschmelzung jener beiden Schichten verhindert wurde.« — Dieser Fall dürfte nur in flachem Wasser eintreten. So tragen nach C. WESENBERG-LUND in unseren Wattenmeeren blaugrüne Algen dazu bei, das Schlickmaterial zu binden. (Prometheus 16, 1905.)



der Schichtflächen, welche es erlaubt, die Gesteine nach denselben zu spalten. Diese verminderte Kohäsion mag bei manchen Gesteinen darauf zurückzuführen sein, daß die allochthonen Gesteinskomponenten, welche eine abgeplattete oder längliche Gestalt besitzen, also alle Nadelchen, Blättchen, Platten, sei es von Mineralien, sei es von Organismenresten, nicht auf der Spitze oder hohen Kante stehen bleiben, sondern sich mit ihrer größten Dimension in die Schichtfläche orientieren; und in diesem Sinne kann man manche Schichtung mit H. LORETZ (45) als »ursprüngliche« oder mit SALOMON (56) als »primäre« Schieferung bezeichnen. Als Beispiele hierfür können glimmerhaltige Sandsteine genannt werden, z. B. der Pönsandstein des rechtsrheinischen Oberdevons oder die dünnspaltenden »Sollingplatten« des südhannoverschen Buntsandsteins, die man daher auch als Sandsteinschiefer bezeichnen kann. Auch die Aviculiden-Lumachellen der alpinen Trias würden hierher zu ziehen sein. Daß durch den Druck überlagernden Gebirges in Tonen ebenfalls eine Schieferung entsteht (Belastungsschieferung), welche parallel der horizontalen Schichtung verläuft, haben DAUBRÉE und ALB. HEIM gezeigt (55, S. 40, Anm. 1). Daß Schichtung und Schieferung im übrigen etwas ganz Verschiedenes sind, ist zu allgemein bekannt, als daß hier darauf eingegangen werden könnte. Gleichwohl ist es in manchen Fällen nicht leicht, beides auseinander zu halten. Hier geben oft Gesteinsfärbungen, auch die Lage der Fossilien, die niemals (von Zufällen abgesehen) in den Schieferungsflächen liegen, und anderes Anhaltspunkte. Häufig tritt eine Schichtung, welche das Gestein im frischen Aufschluß und Anbruch nicht zeigt, bei natürlicher Anwitterung zutage, welche feinere Unterschiede in der chemischen oder mechanischen Widerstandsfähigkeit der einzelnen Schichten aufzudecken vermag. So erkennt man auf diese Weise oft sehr feine Schichtungen in Kalken, und die Kreuzschichtungen in manchen Oolithen, wie dem Rogenstein des unteren Buntsandsteins, dem Schaumkalk Thüringens, dem Hauptrogenstein des südwestdeutschen Doggers oder dem Great Oolite Englands treten erst auf solchen angewitterten Querflächen in die Erscheinung, wie das z. B. vom Schaumkalk von Meiningen bereits FRANTZEN (23) beschrieben und abgebildet hat. Daß es auch auf entsprechendem künstlichen Wege gelingt, versteckte Schichtung nachzuweisen, hat HENKE (36) gezeigt, welcher hierzu Anschleifen, Polieren und Behandlung der betreffenden Querflächen mit HCl empfiehlt.

Auch Winderosion bringt gelegentlich versteckte Schichtung zutage, wie das unter anderen TOULA (61) berichtet und wie ich es in den Aufschlüssen in den miocänen Braunkohlensanden der Samländischen Steilküste oft zu beobachten Gelegenheit hatte.

Die obere, hangende Begrenzungsfläche einer Schicht (in nicht überkippter Lage!) ist deren Dach oder Dachfläche, die untere oder liegende deren Sohlfläche genannt worden. Jede Dachfläche einer Schicht bildete einmal einen Teil der Lithosphärenoberfläche und trägt



als solcher, um so mehr, je längere Zeit dieses der Fall war, einmal die Spuren einer Fülle anorganischer Vorgänge, dann aber auch die große Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, welche eine bodenbelebende Tierwelt derselben aufgeprägt hat. Durch alle diese Erscheinungen wird die Ebenheit der Schichtflächen naturgemäß mehr oder weniger gestört und der allmähliche Ausgleich dieser Unebenheiten kann gewisse Unregelmäßigkeiten, ja kleinste Diskordanzen innerhalb der Schichtung erzeugen. Dachflächen mit den Spuren solcher anorganischen oder organischen Vorgänge zeigen häufig eine Sedimentationsunterbrechung an, die aber keineswegs immer auf Wechsel des Bildungsmediums zu beruhen braucht (vgl. ANDRÉE, 4). Von anorganisch entstandenen Gebilden der Dachflächen seien hier nur Steinsalzpseudomorphosen, Trockenrisse, Regentropfeneindrücke, Wellenfurchen, Fließwülste, Rieselspuren, Ätzsuturen genannt. Unter den Wirkungen der Organismen sind die Schreit- und Kriechspuren, die Bohrlöcher und Wohnröhren mit ihren in den Dachflächen der Schichten mündenden Ausgängen von besonderer Wichtigkeit. Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß die Sohlfläche der jeweilig nächst jüngeren Schicht die Negative dieser Gebilde zeigen muß, welche von meist ebenso charakteristischer Gestalt sind, wie die Positive der Dachfläche. Ja, von manchen dieser Dinge sieht man in den Sammlungen in der Regel nur solche Negative, wie z. B. die Negative der Trockenrisse, das sind die Netzleisten, oder die Ausfüllungen der Schreitspuren von Wirbeltieren (*Chirotherium*, *Iguanodon* usw.). Das beruht darauf, daß die Positive vielfach in leicht zerfallendem und zerbröckelndem (weil tonigem) Gestein stecken und daher, wo nicht direkt aus dem Anstehenden gesammelt wird, nur selten zur Beobachtung gelangen. Übrigens sind auch die eigentlichen Fossilien vielfach gesetzmäßig zu den Schichtflächen orientiert; und aus der Feststellung aller dieser Dinge ergibt sich z. T. mit Leichtigkeit die Festlegung der jeweiligen Dach- und Sohlfläche einer gegebenen Schicht<sup>1)</sup>, was von großer Wichtigkeit für die Entzifferung komplizierter tektonischer Verhältnisse sein kann. Fügen wir hinzu, von wie großer Bedeutung die Beobachtung der Eigenheiten der Schichtflächen für die Feststellung paläogeographisch wichtiger Erscheinungen ist, so ist damit alles gesagt, was es dem Geologen zur Pflicht macht, den Dach- und Sohlflächen der in Untersuchung befindlichen Gesteine ebensolche Aufmerksamkeit zu widmen, wie den eingeschlossenen Fossilien und dem Gestein selbst. (Vgl. auch 7.) Als mustergültige Untersuchungen in dieser Beziehung können Arbeiten von O. M. REIS (z. B. auch 54) gelten<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Was gelegentlich in einer besonderen zusammenfassenden Darstellung über die Schichtflächen erörtert werden soll.

<sup>2)</sup> Auf die Verzahnung von Schichtflächen durch Styolithenbänder oder Drucksuturen, die sich besonders in (leichter löslichen) Kalk- und Dolomitgesteinen, seltener (wie in einem demnächst zu beschreibenden Falle) auch in Quarziten findet, kann hier ebensowenig eingegangen werden, wie auf die Rutschstreifen, die häufig bei der Faltung auf den übereinander hingleitenden Schichtflächen entstehen.



Pseudoschichtungen, die aber in der Regel leicht von echter Schichtung unterschieden werden können, vermögen z. B. durch gewisse Verwitterungs- und Infiltrationserscheinungen zu entstehen; einen solchen Fall hat LOUDERBACK (46) kürzlich beschrieben. Auch die wohl auf Diffusionsvorgänge zurückzuführenden Durchsinterungserscheinungen und Sigmoidalklüfte, denen O. M. REIS (54) neuerdings im fränkischen Muschelkalk rege Aufmerksamkeit geschenkt hat und welche FRANTZEN (23) bezeichnenderweise auf »krypto-diagonale« Schichtung zurückführen wollte, gehören in das Kapitel der Pseudoschichtungen.

### Wesen der Schichtung:

**Die (primäre) Neigung der Schichten; Unterscheidung der normalen (konkordanten) Parallelschichtungen von den (diskordanten) Schrägschichtungen; Übergußschichtung; sedimentogene und biogene Schrägschichtung; Einfluß der Neigung der Unterlage sich bildender Schichten.**

Wo feinkörniges Sediment zum Absatz gelangt, geschieht dieses in der Regel in horizontalen Schichten, und solche wie die Blätter eines Buches übereinander liegenden Schichten setzen zusammen, was wir im folgenden als normale (konkordante) Parallelschichtungen noch des näheren ins Auge zu fassen haben werden. Mit dem Größerwerden des Kornes nimmt im allgemeinen die Möglichkeit des Absatzes in ursprünglich geneigten Schichten zu. Die Größe dieser Neigungen hängt, abgesehen von der Art des Absatzes, von der Korngröße, von der Gestalt der Komponenten und vom Ablagerungsmedium ab. Ablagerungen aus Luft können, jedenfalls soweit es sich um feinkörnigere Massen handelt, in steileren Böschungen bestehen bleiben als Ablagerungen gleicher Korngröße und Komponentenform aus Wasser. Bei sehr grobem Material scheint sich die Sachlage umzukehren, doch sind mir vergleichende Zahlen hierüber kaum zur Hand (siehe später S. 384 u. f.).

Während bei den Absatzverhältnissen der Tiefsee, insbesondere auch wegen des feinen Kornes der dort ausfallenden Sedimente, nur normale Parallelschichtung zu entstehen vermag, nimmt die Häufigkeit geneigter Schichten in der Flachsee mit abnehmender Tiefe schnell zu, und das Vorkommen solcher ist in kontinentalen Ablagerungsgebieten fast die Regel.

Schichtungen mit primären Schichtenneigungen kann man Schrägschichtungen<sup>1)</sup> nennen. Diese Schrägschichtungen entstehen, ganz allgemein gesagt, durch das laterale Wachstum von Aufschüttungskegeln, einerlei ob in Luft (Abhangsschutt, Dünen) oder in Wasser (Deltakegel, Sandbänke usw.), und zwar folgt ihre größte Neigung in

<sup>1)</sup> Dieser Ausdruck, den ich z. B. auch bei RINNE (55) finde, bezeichnet am besten die Gesamtheit der nicht konkordanten Schichtungen, die wir im folgenden noch in Unterarten zu zerlegen haben werden. Die Bezeichnungen »Diagonalschichtung« und »Kreuzschichtung«, welche die meisten Autoren in gleichem zusammenfassenden Sinne verwenden, eignen sich m. E. nur für bestimmte Unterarten der Schrägschichtungen.



der Regel der Transportrichtung des sich absetzenden Materials, nach welchem Gesetz bei fossilen Bildungen umgekehrt auf dieselbe geschlossen werden kann<sup>1)</sup>. Da solche schräge Schichten vielfach mit ursprünglich horizontal abgelagerten wechsellagern und hierdurch Diskordanzen entstehen, kann man diese Ablagerungsformen auch als diskordante Schichtungen zusammenfassen. Die innerhalb dieser Schichtungen häufig sich wiederholenden primären Diskordanzen kann man als Schichtungsdiskordanzen von den sekundären, den Erosions-, Faltungs- und tektonischen Diskordanzen unterscheiden, was im allgemeinen nicht schwer sein wird; indessen sei bereits hier bemerkt, daß in der Regel auch bei der Entstehung dieser primären oder Schichtungsdiskordanzen kurzdauernde Abtragungsvorgänge eine Rolle spielen. Nichts anderes als submarine Aufschüttungskegel sind diejenigen ursprünglich geneigten detritogenen Gesteinsmassen, die man in der Peripherie rezenter und fossiler Korallenriffe, Spongienriffe usw. beobachtet und deren Lagerung man als »Übergußschichtung« bezeichnet hat. (EDM. MOJSISOVICS VON MOJSVAR, 47). »Die ... sogenannte Übergußschichtung findet sich nach den übereinstimmenden Berichten aller Beobachter stets auf den Außenseiten der Riffe. Der Grad der Neigung der einzelnen Bänke scheint jedoch innerhalb sehr weiter Grenzen zu schwanken. Er ist offenbar zum großen Teile<sup>2)</sup> abhängig von dem Maße des vertikalen Wachstums der Riffe und von der Intensität der Brandung. Eine treffende Schilderung der Übergußschichtung gibt AGASSIZ(1), welcher mit Recht auf die große Ähnlichkeit mit torrentieller<sup>3)</sup> Schichtung hinweist. R. VON DRASCHE (20) berichtet, daß die eben gehobenen Korallenriffe von West-Luzon genau dieselben Schichtungsverhältnisse zeigen, welche MOJSISOVICS als Übergußschichtung in den Dolomitriffen von Südtirol charakterisierte.« Von der eigentlichen Übergußschichtung der das gewachsene Riff umgebenden detritogenen Trümmernmassen verschieden ist die vielfach steil ansteigende Schichtung, welche die autochthonen Riffmassen innerhalb ihrer Masse selber gelegentlich dort zeigen, wo ihr Aufbau in einzelnen Entwicklungsphasen verlief, wie das z. B. E. FISCHER (21) an den Spongienriffen des Lochengebietes feststellte. Ähnliches war schon früher von C. WIMAN (68) an obersilurischen Korallen-

<sup>1)</sup> Eine Ausnahme würde nur die Schrägschichtung sein, die sich nach FORCHHAMMER (22) am schräg geneigten Meeresstrand mit der Neigung gegen die Herkunftsrichtung der den Sand transportierenden Wellen bilden soll. Doch bezweifle ich das häufigere fossile Vorkommen solcher Schrägschichtung (siehe auch S. 387 dieser Arbeit).

<sup>2)</sup> Ich bemerke bezüglich dieses und späterer Zitate in »...«, soweit sie im Original die alte Schreibweise haben, daß in denselben gegen meine Absicht und in für mein Gefühl unnötiger, ja der nötigen Korrektheit der Wiedergabe widersprechender Weise in der Korrektur aus redaktionellen Gründen die neue Schreibweise eingeführt wurde. Der Verf.

<sup>3)</sup> D. i. die Schrägschichtung gröberer Schotter in Wildbächen und rasch fließenden Strömen.



riffen von Karlsö, einer kleinen Felseninsel an der Westküste von Gotland, beobachtet worden. Dieses Inselchen entspricht einem fossilen Korallenriff, welches im allgemeinen eine horizontale Erstreckung hat, jedoch bei genauerer Betrachtung — schon vom vorbeifahrenden Schiff aus — als aus einzelnen geneigten parallel zur einstigen Riffoberfläche peripher um die Riffböschung herum und rings gegen das Ufer einfallenden, gewachsenen Riffkalkschichten bestehend sich ausweist. Tektonische Störungen haben die Lage dieser Schichten sicher nicht hervorgebracht. Man könnte diese Schrägschichtung biogen-benthonischer Sedimente im Gegensatz zu der eigentlichen sedimentogenen Schrägschichtung als biogene Schrägschichtung bezeichnen. Auf Ablagerung der Sedimentmassen über Rifflinsen möchte ich auch die gelegentliche eigenartige kuppelförmige Lagerung der obersilurischen Guelph-Dolomite zurückführen, welche ich auf einer Exkursion des letzten internationalen Geologenkongresses am 6. August 1913 in der Nähe von Guelph im westlichen Ontario in Canada beobachten konnte. Diese flach ansteigenden, kreisförmigen Kuppeln sind in jener horizontalen Sedimenttafel auf tektonischem Wege kaum zu erklären, werden aber durch die Annahme darunterliegender Korallen- oder Stromatoporen-Rifflinsen in den Niagara-Schichten ohne weiteres verständlich.<sup>1)</sup>

Überhaupt muß über jeder uneben gestalteten Oberfläche, welche eingesedimentiert wird, zunächst eine unregelmäßige Schichtung, oft mit den verschiedensten Neigungswinkeln und -richtungen entstehen, durch welche alle Unebenheiten ausgeglichen werden, indem die Hauptmenge des Sediments, der Schwerkraft folgend, den Vertiefungen zustrebt. Über die unregelmäßige Schichtung, welche ein Wellenfurchenrelief bei weiterer Sedimentierung ergeben kann, hat GILBERT (26) berichtet. Ähnliches gilt aber auch von anderen, mehr unregelmäßigen Oberflächen, und es hängt lediglich vom Ablagerungsmedium und dessen Bewegungszustand, von der Korngröße des Materials und der Form der einzelnen Gesteinskomponenten ab, ob die Vertiefungen mit horizontalen, zunächst an den Erhöhungen der Unterlage seitlich abstoßenden Schichtchen oder mit muldenförmig geneigten Lagen ausgefüllt werden. In letzterem Falle könnte man mit TOULA (61) von »Muldenschichtung« sprechen, auf welche im übrigen noch zurückzukommen sein wird.

Über die Neigungswinkel, welche über geneigter Unterlage sedimentierte Schichten einnehmen können, hat J. WALTHER (64) einige Angaben nach der Literatur gemacht: »Nach den Versuchen von ROZET können sich regelmäßige Sedimentschichten auf einer bis 30° geneigten Unterlage bilden. Bei zunehmender Neigung nimmt die Dicke der Schichten ab. Minder schwere Körper können sich auf geneigteren Flächen halten, und Geschiebe können sich noch bei 15° Neigung in regelmäßige Schichten lagern. Die Beobachtungen von STUDER am trocken gelegten Delta

<sup>1)</sup> Über ursprünglich geneigte Schichten von jungem Korallenkalk hat K. MARTIN (46a) berichtet.



des Lungener See's zeigten Kies- und Sandschichten, welche unter einem Winkel von  $35^\circ$  gegen den Seegrund geneigt waren und dort allmählich in die horizontalen Schichten desselben übergingen. Der feine Seeschlamm hatte sich an manchen Stellen unter  $25^\circ$  abgesetzt. Solche stark geneigten Tonschichten waren oben 10—20 cm dick, während sie nach unten zu 1 m Mächtigkeit anschwollen. Alle die bisher angeführten Winkel entsprechen also den Winkeln, welche Schichtenflächen ursprünglich auf denudierten Flächen oder auf vorherigen Ablagerungen bilden können. « Aber solche Neigungen, die sich, worauf die Mächtigkeitszunahme nach unten schon hindeutet, beim Fortgang der Sedimentation von selbst ausgleichen, haben nichts mit den durch bestimmte Arten der Sedimentation bedingten Neigungen der eigentlichen Schrägschichtungen zu tun, mit denen wir uns daher später noch beschäftigen wollen.

**Die allgemeine Erscheinungsform der Schichtung bezüglich des Materials;  
Gesetz von der Korrelation der Fazies.**

Das Problem der Schichtung ist eines der wichtigsten, wenn nicht das wichtigste Problem, dessen Lösung der Stratigraph von der allgemeinen Geologie erwarten darf. Um so auffallender ist es, wie wenig unsere Lehrbücher und zusammenfassenden Darstellungen (37, 48) bis vor kurzem darüber zu sagen wußten. Und doch hatte sich JOH. WALTHER (64) schon vor über 20 Jahren in seiner viel zu wenig benutzten »Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft« eingehend zu dieser Frage geäußert, und gewiß dem damaligen Stande der Geologie durchaus entsprechend. Nach ihm entsteht Schichtung durch eine Verschiedenheit des Gesteinsmaterials, durch einen Wandel der Fazies, oder, wenn wir auf die weiteren Ursachen zurückgehen, durch einen Wechsel in den lithogenetischen Bedingungen. WALTHER trat hierbei mit Entschiedenheit der oft geäußerten, noch auf STUDER und NAUMANN zurückgehenden Anschauung entgegen, daß jede Schichtfuge einer Unterbrechung der Sedimentation gleichkomme, und wir müssen ihm entschieden recht geben, wenn er einer strikten Verallgemeinerung dieser »Unterbrechungstheorie« nicht zustimmte. Andererseits aber läßt sich doch nicht in Abrede stellen, daß die Fälle solcher Unterbrechungen der Sedimentation, auch ohne Trockenlegungen der betreffenden Wasserbecken, bzw. Änderung des Sedimentationsmediums<sup>1)</sup>, keineswegs zu den

<sup>1)</sup> Bei kontinentalen Sedimentbildungen auf »trockenem« Wege gehören Unterbrechungen des Absatzes ohnehin zur Regel; und ich will hier als unverdächtigen Zeugen WALTHER selbst zu Worte kommen lassen (JOH. WALTHER, Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit. 2. Aufl. Leipzig 1912, S. 234): »Im Gegensatz zu den unter beständiger Wasserbedeckung entstehenden Schichtenfugen mariner Gesteine sah ich hier« (im Takyr Transkaspiens) »jenen Vorgang verwirklicht, der bei geologischen Diskussionen vielfach als die »normale« Ursache der Schichtung bezeichnet wird. Eine Periode lebhafter Anfuhr von Sediment wird unterbrochen durch eine Zeit der Eintrocknung und Verfestigung der eben gebildeten Schicht, und die ganze Fläche des riesigen Takyr ist einmal Wassergrund, dann »Strandgebilde«.«



Seltenheiten gehören und sich mit der Zahl neuerer, besonders auch den Sedimentgesteinen Aufmerksamkeit schenkender paläogeographischer Arbeiten noch stetig gemehrt haben. Verf. dieses hat selbst vor Jahren eine Anzahl der hierfür in Frage kommenden Möglichkeiten zusammengestellt und durch Beispiele zu belegen gesucht (4); und man wird zugeben müssen, daß die Ablehnung der »Unterbrechungstheorie« durch WALTHER der ganzen Fülle von nunmehr bekannten Möglichkeiten nicht mehr ganz entspricht, daß vielmehr für eine nicht kleine Anzahl von Schichtungen — es ist gleichwohl immer noch die Minderheit — die Unterbrechungstheorie zu Recht besteht.

FRANZ WÄHNER (62) hat ungewollt durch Anführung von Beispielen gezeigt, daß die Unterbrechungstheorie selbst in Fällen zu Recht bestehen kann, in denen eine leichte Trennbarkeit der übereinander folgenden Gesteine, also Schichtfugen überhaupt nicht in Erscheinung treten. In den Ostalpen liegen nach diesem Autor »nicht selten Rudistenkalke der oberen Kreide unmittelbar auf Riffkalken der oberen Trias. Zwischen beiden Gesteinen fehlen also die Ablagerungen der ganzen Jurazeit und der unteren Kreide. Dennoch sind sie so innig miteinander verwachsen, daß man von der Grenze Stücke schlagen kann, welche aus beiden so verschiedenalterigen Kalken bestehen. Ein anderer Fall, in welchem ein alttertiärer Nummulitenkalk in außerordentlich enge Verknüpfung mit Triaskalk tritt, ist aus den Südalpen beschrieben worden; hier umfaßt die Lücke zwischen beiden Gesteinen einen noch längeren Zeitraum.« Um eine viel kleinere Lücke handelt es sich in einem Vorkommen aus den nördlichen Kalkalpen, welches WÄHNER noch erwähnt. »Auf weißem Korallenriffkalk, welcher im allgemeinen der obersten Trias angehört, in manchen Fällen aber in seinen oberen Teilen bereits liasischen Alters ist, liegen Bänke von rotem Liaskalk, der aus Foraminiferen und Crinoidenstielgliedern besteht. An einigen Punkten liegt an der Grenze beider Bildungen eine Gesteinsbank, die zur unteren Hälfte aus weißem, zur oberen Hälfte aus rotem Kalk besteht. Die in der Mitte der Bank liegende Grenze zwischen weißem und rotem Kalk ist sehr scharf, dennoch verläuft hier keine Schichtfläche; die Verbindung ist im Gegenteil sehr fest, so daß sich auch hier von der Grenze Gesteinsstücke gewinnen lassen, die aus beiden Kalkarten bestehen. Dagegen ist die Grenzbank sowohl von der tieferen weißen, als von der höheren roten Kalkbank durch deutliche Schichtfugen geschieden. Durch die mikroskopische Untersuchung von Gesteinsdünnschliffen, die der Grenze zwischen Weiß und Rot entnommen sind, läßt sich nachweisen, daß der weiße Kalk schon erhärtet war, und daß Teile desselben wieder entfernt worden waren, bevor der rote Kalk sich darüber abgelagert hatte. Es zeigt sich also, daß auch hier eine Unterbrechung in der Sedimentbildung eingetreten ist, ohne daß es an der betreffenden Stelle zur Bildung einer Schichtfläche gekommen wäre.« Wenn nun allerdings WÄHNER diese Fälle gegen das Zurechtbestehen der »Unterbrechungstheorie« ins Feld führt,



so vermögen wir ihm hierin nicht zu folgen, und gerade der zuletzt erwähnte Fall ist eine typische »unterbrochene« Schichtung, wenn auch keine »Schichtfuge« in Erscheinung tritt. Nur die Überschätzung des Vorhandenseins solcher Schichtfugen als nötig für das Wesen der Schichtung, die auch die WALTHERSche Darstellung kennzeichnet, erklärt diesen Widerspruch in der WÄHNERSchen Schlußfolgerung, und im Gegensatz hierzu muß ich um so nachdrücklicher die Unwesentlichkeit des Vorhandenseins oder Fehlens von Schichtfugen feststellen, welche ja durch die Herauswitterung dünner Zwischenmittel entstehen und »als solche gewöhnlich nur eine ganz kurze Strecke bergseits eindringen.«

Es entsteht die Frage, ob die Länge der Sedimentationsunterbrechung für unser Problem wesentlich ist. Schon bei der Betrachtung der von WÄHNER beschriebenen Fälle müssen wir diese Frage verneinen. In der Regel wird es sich zwar um bedeutend kürzere Unterbrechungen handeln, als zwischen Trias und Alttertiär, wie in dem zweiten WÄHNERschen Fall; zumeist sind die häufig periodisch einsetzenden Unterbrechungen so kurz, daß sie in einer stratigraphischen Zone in der Mehrzahl auftreten, und wir vermögen keine scharfe Grenze zu ziehen gegen das, was wir ebensogut Sedimentationsverlangsamung nennen könnten. Gleichwohl werden wir überall dort berechtigt sein, von Sedimentationsunterbrechung zu sprechen, wo sichere Anzeichen dafür vorhanden sind, daß eine bestimmte Schichtfläche eine Spanne Zeit Lithosphärenoberfläche war, ohne sofort durch neues Sediment weiter eingedeckt zu werden. Diese Anzeichen sind verschieden je nach der Ursache der Sedimentationsunterbrechung und beruhen z. T. sogar auf der Wiederzerstörung bereits gebildeten Sedimentes. Doch hierauf einzugehen ist erst Sache des folgenden Abschnittes.

Bezüglich des Wechsels der lithogenetischen Bedingungen, bzw. des Wandels der Fazies, welcher die meisten Fälle von Schichtung charakterisiert, ist das Gesetz von der Korrelation der Fazies (64) von ausschlaggebender Bedeutung. »Wo in dem einen Abschnitt der Erdgeschichte Küstendünen zur Ablagerung gelangten, da finden wir in einer folgenden Periode die Salzlager der Strandlagunen, später die Mergel der Flachsee und darüber vielleicht die ungeschichteten Kalke eines Korallenriffes. So verschiebt sich beständig auf der Erdoberfläche die Verteilung der Gesteinsfazies; und wie bei den Lebensbezirken, so verlangt das Gesetz von der Korrelation der Facies, daß nur solche Gesteine unmittelbar übereinander zur Ablagerung gelangen können, welche auf der gegenwärtigen Erdoberfläche nebeneinander beobachtet werden.« Andererseits muß jeder Verstoß einer geschichteten Gesteinsfolge gegen dieses Gesetz den Verdacht erwecken, daß hier doch die »Unterbrechungstheorie« in die Lücke einzuspringen hat.

Nach alledem läßt sich bezüglich der Erscheinungsform der Schichtung sagen, daß sich dieselbe entweder in einer Unterbrechung des Absatzes oder in einer Änderung des Sedimentmaterials äußert.



Ist nun hiermit über das Wesen der Schichtung wohl das letzte Wort gesprochen, so bleibt es doch noch unsere Aufgabe, die Bedingungen zu erörtern, unter denen solche Unterbrechung des Absatzes oder Änderung des Sedimentmaterials zu erfolgen vermag.

### Ursachen der Schichtung:

Vorbemerkung: **Direkte und indirekte Schichtung.**

In vielen Fällen fällt die Entstehung der definitiven Schichtung eines Gesteins mit seiner Ablagerung zusammen. Wir sprechen dann mit JOH. WALTHER (64) von »direkter Schichtung«. »Ganz anders liegen aber die Verhältnisse, wenn ein aus Sand und Ton gemengtes Sediment zur Ablagerung kam, und später diese Sedimentmasse durch die Wasserbewegung aufgewühlt wurde. Bei jedem Sturm kann man an sandigen Küsten beobachten, daß nach einiger Zeit das Meerwasser nahe dem Strande mißfarbig wird. Wenn wir uns diese Umstände auf dem senkrechten Querschnitt betrachten könnten, so würden wir bemerken, daß überall, wo die Wasserbewegung den Meeresgrund erreichte, das Sediment des Meeresbodens aufgewühlt und der leichtere Teil des abgelagerten Materials im Wasser schwebend erhalten wurde. Der Sturm hört auf, das Wasser beruhigt sich, und langsam sinkt die Wassertrübe zu Boden. Es entsteht eine geschichtete Ablagerung, welche aus einer unteren grobkörnigen und einer oberen tonigen Schicht besteht.« (WALTHER.) Oder folgen wir der Darstellung, welche KRÜMMEL (44) von der Einwirkung der Sturmwellen auf den Meeresboden gegeben hat: »Auf dem mit beweglichem Sande bedeckten Meeresgrund werden die Wasserteilchen versuchen, eine elliptische Bahn zu bilden und damit den Sand aufzuwühlen. . . . Ist die Orbitalgeschwindigkeit sehr groß, wie das bei hohen Sturmwellen in mäßig tiefem Wasser der Fall ist, dann wird auch grober Kies in Bewegung versetzt werden. Wo der Meeresboden aus einem Gemisch groben und feinen Materials besteht, wird alsbald, sowie die Orbitalgeschwindigkeit nachläßt, die Abscheidung der großen und schweren Körner erfolgen. . . . Je mehr der Seegang sich beruhigt, desto weiter schreitet der Saigerungsprozeß vor. Das Endergebnis wird eine ganz regelmäßige Schichtung sein, unten die schweren, darüber immer die leichteren Teilchen, die leichtesten zu oberst.« Die Textur, welche die Folge dieses auch auf dem Festlande häufigen Saigerungs- und Wiederablagerungsprozesses ist, nennen wir mit JOH. WALTHER »indirekte Schichtung«. Eine andere Art indirekter Schichtung muß entstehen können, wenn größere Gesteinsblöcke über weicherem Sediment zur Ablagerung gelangen und in demselben versinken. TORNUST ist derartigen Erscheinungen, auf welche bisher selten die Aufmerksamkeit gelenkt worden ist, auch experimentell nachgegangen (60): »Ganz allgemein kann gesagt werden, daß große Blöcke, welche über weiche Sedimente abgelagert werden, wohl im allgemeinen leicht in tiefere Schichten durchsinken werden, und zwar so weit, bis das Sediment zu dicht wird; es können



dann dort sekundäre, scheinbar aber primäre Konglomeratschichten entstehen, welche sich von ursprünglich primären Ablagerungen werden schwer trennen lassen.« Nun mag zwar füglich bezweifelt werden, ob solcher Art entstandene indirekte Schichtung häufig vorkommt. Im allgemeinen wird schon nach dem »Gesetz von der Korrelation der Fazies« eine direkte Überlagerung weicher Tone und feinkörniger Sande durch große Blöcke zu den Ausnahmen gehören, und es mag anderen überlassen bleiben, TORNQUISTS Nutzenanwendung auf den Flysch zu diskutieren: »Man wird nach dieser Nutzenanwendung der Versuche die isoliert im Flysch liegenden Blöcke als solche anzusehen haben, welche ursprünglich in groben Trümmerschichten mit zahlreichen ähnlichen Blöcken lagen und daß dann eine Anzahl solcher Blöcke, und zwar zunächst die größten und diejenigen, welche dem weichen Sediment im Liegenden am nächsten waren, durch die liegenden Sedimente eingesunken sind. So konnten diese Blöcke auf die Vermutung einer glazialen Herkunft führen.«

#### **Entstehung von Schichtung durch Sedimentationsunterbrechung.**

Nur weniger Bemerkungen bedarf die Entstehung der Schichtung durch Sedimentationsunterbrechung. Hierbei sind zwei Möglichkeiten zu unterscheiden, 1. Sedimentationsunterbrechung ohne Fazieswechsel, 2. Sedimentationsunterbrechung mit Fazieswechsel. Ob der erste oder der zweite Fall eintritt, hängt mit der Ursache der Sedimentationsunterbrechung aufs engste zusammen. Sehen wir hierbei mit Rücksicht auf eine früher gemachte Anmerkung von festländisch entstandenen Sedimentlücken ab, so sind für subaquatisch, bzw. submarin entstandene Sedimentationslücken mindestens 4 Möglichkeiten vorhanden: 1. und 2. die Brandungs- und die Strömungslücke (durch die Wirkung der Brandungswelle oder die abtragende Tätigkeit von Meeresströmungen bewirkt) (4), 3. die Lösungs- oder Korrosionslücke (infolge submariner Anlösung durch das Meerwasser) (58, 4) und endlich 4. die Rutschungslücke (infolge subaquatischer Rutschung, welche im Abrutschungsgebiet die »unterzählige«, im Akkumulationsgebiet die »überzählige Schichtung« erzeugt) (ARN. HEIM, 35). Ich will es mir unter Verweisung auf die zitierten Arbeiten schenken, näher auf diese Dinge einzugehen; daß diese Fälle aber nicht gerade selten sind, dazu brauche ich nur an die frühzeitig erhärteten und angebohrten Meeresbodenoberflächen des nordfranzösischen Kreidemeeres zu erinnern, wie sie französische Forscher, oder des deutschen Muschelkalkmeeres, wie sie O. M. REIS (54) und andere beschrieben haben —, ja, solche Dinge finden sich überall in unserem deutschen Wellenkalk, wo man sich nur die Mühe nimmt, danach zu suchen. Oder ich kann hinweisen auf die submarinen Anätzungen durch lösendes Meerwasser, wie sie die einseitige Erhaltung der Fossilien in manchen Gesteinen, wie in den Orthocerenkalken der Sedimentdecke



des baltischen Schildes, in den Clymenienkalken des Oberdevons, in den Kalken des unteren Lias von Adnet, ja selbst in den Nodosen-Schichten des oberen deutschen Muschelkalkes hervorgerufen haben und die Ursache dessen sind, was man bei Betrachtung in der Queransicht mit STEINMANN (58) als »Ätzsutur« bezeichnet. Solche Ätzsuturen sind nichts anderes als durch submarine Gesteinsauflösung entstandene Schichtfugen.

Ein ausführlicheres Eingehen aber verlangt die Entstehung der Schichtung durch Gesteins-; bzw. Fazieswechsel.

### **Entstehung von Schichtung durch Änderung des Sedimentmaterials.**

Über dieses bedeutungsvolle Thema sind in den letzten 10 Jahren zwei anregende Arbeiten erschienen, von denen jede einen Teil der möglichen Bedingungen ins Auge faßt, ohne jedoch in dieser Beziehung erschöpfend zu sein. Ich will diese beiden Arbeiten, die den viel zu früh verstorbenen E. PHILIPPI und keinen geringeren als ALB. HEIM zu Verfassern haben, in der Reihenfolge ihres Erscheinens besprechen und nur noch zuvor bemerken, daß sich die folgenden Ausführungen hauptsächlich mit Ablagerungen tieferen Wassers beschäftigen und daher ganz von selbst insbesondere auf die konkordanten Parallelschichtungen beziehen, wohingegen die Schrägschichtungen später noch zu ihrem Rechte kommen sollen.

E. PHILIPPI war es vergönnt gewesen, nicht nur zusammen mit einem Kenner rezenter Meeressedimente, wie J. MURRAY, die von der »Deutschen Tiefsee-Expedition« auf der »Valdivia« gesammelten Meeresbodenproben zu untersuchen, sondern auch an der »Deutschen Südpolar-Expedition« auf dem »Gauß« teilzunehmen. Infolgedessen stand ihm ein reicher Schatz von Erfahrungen zu Gebote, welche unserem Verständnis von den geologischen Vorgängen am Meeresboden in weitgehendster Weise zu Gute gekommen sind. Auch dem Problem der Schichtung hat PHILIPPI seine Aufmerksamkeit geschenkt, nachdem die Benützung schwerer Sinkgewichte und sehr langer BACHMANNscher Schlammröhren auf der »Gauß«-Expedition die weite Verbreitung geschichteter Tiefseesedimente ergeben hatte. Seine Ergebnisse sind in einer besonderen Studie und in dem großen Werk über die »Deutsche Südpolar-Expedition« Bd. II (50, 51) enthalten.

Vor den Forschungen des »Gauß« schien es, als ob den küstenferneren Teilen des Meeresbodens geschichtete Sedimente fehlten, besonders, nachdem THOULET, der ausgezeichnete französische Kenner der rezenten Meeressedimente, die Meinung ausgesprochen hatte, daß die wenigen bis dahin bekannten Beispiele von Schichtung in der heutigen Tiefsee — PHILIPPI (50) und KRÜMMEL (44, I, S. 206f.) haben sie zusammengestellt, — lediglich eine Ausnahme bildeten. »Diese Sachlage ist jedoch durch die Arbeiten der Deutschen Südpolar-Expedition wesentlich verschoben worden. An einer großen Anzahl von Grundproben läßt sich



erkennen, daß Schichtbildung am Boden der heutigen Meere nicht eine Ausnahme, sondern die Regel sein dürfte. Zugleich lassen sich in vielen Fällen Vermutungen darüber aufstellen, welche Faktoren bei der Bildung der Schichten am heutigen Meeresboden eine Rolle gespielt haben mögen«. In den Fällen aber, wo Schichtung zu fehlen scheint, »ist sie höchstwahrscheinlich doch vorhanden, nur ist vermutlich die oberste Schicht dicker als der von der Schlammröhre durchsunkene Teil.«

Als »normale Schichtung« in Globigerinenschlamm und anderen kalkhaltigen Sedimenten beschreibt PHILIPPI die Erscheinung, daß im allgemeinen der obere Teil jeder Grundprobe kalkhaltiger ist als der untere. »Es ist nun sehr wahrscheinlich, daß dieser ziemlich allgemeinen Verringerung des Kalkgehaltes im unteren Teile der Grundproben die gleiche Ursache zugrunde liegt.« Ohne auf Einzelheiten<sup>1)</sup> der PHILIPPISCHEN Beweisführung einzugehen, kann hier als Resultat seiner plausiblen Ausführungen nur mitgeteilt werden, daß die unteren kalkärmeren Teile der betreffenden Grundproben einer kälteren Periode, vielleicht dem Diluvium, angehören, während welcher die Eiskante weiter nach dem Äquator zu verschoben lag und das Sauerstoff- und Kohlensäure-reichere Wasser der Antarktis, welches bekanntlich die Tiefen der heutigen Meere bis über den Äquator hinaus erfüllt, seine Kalk-auflösende Tätigkeit an Stellen ausüben konnte, die heute im Sedimentationsbezirk des kalkhaltigen Globigerinenschlammes liegen. Die »normale Schichtung« der vom »Gauß« in den subantarktischen Gewässern geloteten Globigerinenschlammte wäre demnach durch eine Klimaänderung bedingt. Anders die von PHILIPPI so genannte »abnorme« Kalkschichtung, die der »Gauß« in wärmeren Teilen des indischen und atlantischen Ozeans antraf, nämlich das Auftreten kalkreicher Schichten unter kalkärmeren und mehrfaches heftiges Schwanken des Kalkgehaltes innerhalb einer Grundprobe. Solche heftige Schwankungen des Kalkgehaltes »können wohl nur durch jugendliche Krustenbewegungen am Meeresboden erklärt werden. Wenn der mäßige Kalkgehalt der obersten Schicht der heutigen Tiefe entspricht, so deutet sein Ansteigen auf eine Hebung, sein Sinken auf eine Senkung des Untergrundes hin. Die Grundproben der Stationen 27 und 29 lassen also eine einmalige, die der Station 28 sogar eine zweimalige Hebung und voraufgehende Senkung erkennen, bei der der Meeresboden nach unseren heutigen Erfahrungen um mindestens 1500 m schwankte«. Das Resultat seiner Untersuchungen, welche sich, wohl gemerkt, auf die Ablagerungen der küstenferneren Tiefsee beziehen, faßt PHILIPPI mit folgenden Worten zusammen: »Die Forschungen des »Gauß« dürften nachgewiesen haben, daß die Schichtung moderner Sedimente teilweise auf einer Veränderung wichtiger klimatischer Faktoren, teilweise auf Krustenbewe-

<sup>1)</sup> Solche mögen in der später in dieser Zeitschrift erscheinenden Fortsetzung meines Sammelreferates: »Über Sedimentbildung am Meeresboden« eingesehen werden.



gungen beruht. Ein drittes Moment scheint nicht zu existieren. Festzustellen bleibt für die meisten fossilen Schichten noch, welche der beiden Ursachen in jedem einzelnen Falle vorliegt.« — Zweifellos hat PHILIPPI hiermit nun zwei Faktoren aufgedeckt, welche für die Änderung der Fazies in der Vertikalen, d. h. für die Schichtbildung, von großer Bedeutung sind, wobei garnicht untersucht werden soll, ob ihre Heranziehung in den genannten Fällen für alle Zeiten als richtig gelten wird. Ebenso zweifellos gibt es aber auch noch eine Zahl anderer Bedingungen, deren Änderung für die Bildung der Schichtung wenigstens in Küstennähe und flachem Wasser von Bedeutung werden können; und wenn PHILIPPI selbst als für die marine Sedimentbildung maßgebende Faktoren anführt: Entfernung von der Küste, Beschaffenheit der umgebenden Landmassen, Sedimentführung der ins Meer mündenden Flüsse, Tiefe, Temperatur und Wasserzirkulation des Meeres, schließlich das Organismenleben und seine mannigfach wechselnden Bedingungen, so vermag zweifellos ein jeder einzelner dieser Faktoren, wenn er Änderungen unterliegt, zur Erzeugung von Schichtung mitzuwirken, und es wird zur lockenden Aufgabe des sediment-petrographisch geübten Paläogeographen, die jeweilige Bedeutung der einzelnen Faktoren ins rechte Licht zu setzen. Schon PHILIPPI war aber folgendes aufgefallen: »Besonders deutlich und regelmäßig tritt Schichtung in den Gesteinen auf, die sich in Geosynklinalen bilden. Ich erinnere an die regelmäßige Schichtung der südostfranzösischen unteren Kreide in bathyaler Fazies, an die des alpinen Flysch und ähnlicher, in Flyschfazies entwickelter Gesteine. In den Geosynklinalen ist die Schichtung wohl in erster Linie durch Krustenbewegung zu erklären; ob klimatische Faktoren eine Rolle spielen, steht noch dahin. Die äußerst regelmäßige Aufeinanderfolge oft gleichdicker Schichten deutet auf eine Periodizität des Senkungsvorganges hin, der die Bildung von Geosynklinalen herbeiführt.« Ich kann nicht behaupten, daß mich diese Erklärung regelmäßiger Schichtung, die wir heute mit ALB. HEIM (32) als Repetitionsschichtung bezeichnen, befriedigt; und es ist nötig, dieses Phänomen näher ins Auge zu fassen.

Die Wiederholung, Repetition der gleichen Schichtenfolge ist eine Erscheinung, die im kleinen, wie im großen vorkommt. Um die größeren Verhältnisse voranzustellen, mag nur auf die Zyklen in der Entwicklung der Erdgeschichte hingewiesen sein, welche sich in den mehrfach wiederholten Meerestransgressionen, Gebirgsbildungen, Eruptionsperioden, Eiszeiten usw. abspiegeln und in der Fazies der einzelnen Formationsglieder ihre »sedimentäre Abbildung« finden. (Vgl. hierzu M. BERTRAND [11], AMPFERER [3], und ANDRÉE [8]).

Sind diese Gesetzmäßigkeiten erst neuerdings in ihrer ganzen Bedeutung erkannt worden, so fehlte es doch schon vor längerer Zeit nicht an Stimmen, welche auf Grund regelmäßiger Wiederkehr derselben Gesteine eine naturgemäße Abgrenzung der einzelnen Formationen versuchen wollten. Kein geringerer als EDUARD SUESS hat sich auch zu



dieser wichtigen Frage geäußert (59). Nach seiner Darstellung hat schon MURCHISON vor Jahren die Ansicht ausgesprochen, daß jede geologische Formation in ihrer Mitte aus Kalkstein bestehe, und diesen Gedanken hat HULL (40) im Jahre 1862 für mehrere Formationen, insbesondere für das Carbon, näher ausgeführt. Das Überwiegen der vom Lande herbeigetragenen sedimentären (d. i. klastischen) Elemente soll nach HULL Phasen der Oscillation des Landes vermuten lassen, und so unterscheidet derselbe drei Stufen:

Obere Stufe	Bewegung	klastische Bildung
Mittlere Stufe	Ruhe	kalkige Bildung
Untere Stufe	Bewegung	klastische Bildung.

Ähnliche Ablagerungszyklen sind dann auch in den durch ihre ruhige Lagerung ausgezeichneten Teilen der Vereinigten Staaten, die der Umrandung des Kanadischen Schildes angehören, dem jüngere orogene-tische Bewegungen, welche das Bild hätten stören können, fehlen, im Paläozoikum gefunden worden (NEWBERRY, 49), und auch eine Reihe europäischer Forscher hat sich mit diesen Fragen beschäftigt, so ANDRÉ DUMONT, RUTOT und VANDEN BROECK. Ganz neuerdings hat DACQUÉ (18) im Rahmen seiner Darstellung über »Zyklen und Diastrophismen« auch die »Sedimentationszyklen« behandelt.

Es kann hier ganz davon abgesehen werden, daß, wenn wir die ganze Erdoberfläche in Betracht ziehen, keine Möglichkeit besteht, auf solche Fazieseigentümlichkeiten die Grenzen der Formationen zu basieren, welche vielmehr immer einen konventionellen Charakter haben werden, da ja die Bedingungen von Ort zu Ort wechseln müssen, — solche Zyklen, wie sie im großen nach dem Gesagten schon lange erkannt sind, finden sich hinab bis zu den kleinsten Verhältnissen, und es fragt sich, ob hierfür und für die Entstehung der Schichtung, welches Problem hiermit für uns in den Vordergrund tritt, dieselben Ursachen maßgebend sind oder ob hier auch andere Bedingungen als regelmäßiger Wechsel in der Tiefe des Wasserbeckens, Regression und Transgression, in Frage kommen. Besonders der vielhundert-, ja tausendfache Wechsel mancher Repetitionsschichtung, wie in den Kieselkalken der helvetischen Unterkreide oder im Silur bei Kristiania, gibt hierbei doch sehr zu denken. Besteht diese Art der Schichtung vielfach nur aus dem regelmäßigen Wechsel zweier Gesteine, etwa Kieselkalk und Mergel, so kommen doch auch kompliziertere Arten der Repetitionsschichtung vor, und als Beispiel hierfür mag eine von TH. BRANDES (14) aus dem Lias des Egge-Gebirges beschriebene Sedimentfolge angeführt werden, welche sich rhythmisch durch den ganzen mittleren und oberen Lias  $\beta$  bis eingangs Lias  $\gamma$  wiederholt und offenbar ganz bestimmte regelmäßige paläogeographische Veränderungen anzeigt. Eine mächtige Lage Ton (a) schließt mit einer Bank dichten Toneisensteins (b) ab; darauf ruht ein mehr oder minder mächtiges Schwefelkiesflözchen (c) mit unebener Oberfläche, endlich eine Trümmergesteinsbank (d), welche mit einem



grogen (Transgressions-)Konglomerat beginnt, das nach oben zu immer feinkörniger, schließlich zu einer sandigen Trümmernasse wird, worauf die Schichtenfolge abermals mit einer dicken Lage Ton neu eingeleitet wird. BRANDES erklärt die Schichten a bis c durch eine negative Strandverschiebung, also eine Verflachung des Meeres, während durch die Bildung von d eine Meerestransgression, eine positive Strandverschiebung, angezeigt werde, welche schließlich zu abermaliger Tonablagerung führte. Ein anderes Beispiel hat Verf. (9) kürzlich eingehender beschrieben. Das Gestein entstammt einer repetierten Schichtenfolge aus dem Culm des östlichen Rheinischen Schiefergebirges, und die durch Schichtfugen an den Einschaltungsstellen dünner Tonblätter voneinander getrennten Einzelplatten bestehen aus 5 Einzelschichten; zuoberst 5. Tonschieferbelag, darunter 4. kalkfreies Kieselgestein, 3. kalkhaltiges Kieselgestein, 2. kalkfreies Kieselgestein und zuunterst 1. Tonschieferbelag. Das Profil ist also ein symmetrisches.

Einen auffallend regelmäßigen Wechsel von Tonen und Kalken im W. Jura  $\alpha$  und  $\beta$  in Schwaben deutet J. F. POMPECKJ (53) auf wechselnde Zufuhr terrigenen Detritusmaterials in das Malmmeer, die von dem Quantum zuströmenden Süßwassers und vielleicht von klimatischen Perioden, etwa den BRÜCKNERSchen 35jährigen Perioden, abhängig sein mag.

Bei ähnlichen Fällen knüpft nun kein Geringerer als ALB. HEIM (32-34) in seinen »Gedanken über Schichtung« an. Wenn man einer Klimaänderung, wie einer Eiszeit bedarf, um den Wechsel von kalkreicheren und kalkärmeren Schichten zu erklären, wie PHILIPPI das getan hat, — sagt HEIM — so erklären wir damit noch lange nicht die Fälle, in denen ein Schichtkomplex von vielleicht 500 m Mächtigkeit durch 1000 bis 2000 Schichtfugen in ebenso viele Schichten getrennt ist, oder wo Kalkstein und Mergel oder Kalkstein und Hornstein viele hunderte Mal Schicht um Schicht abwechselnd übereinander liegen. Hier müssen wir vielmehr nach einer anderen Erklärung von allgemeinerer Anwendbarkeit suchen. Das wird nicht schwer bei unseren Salzlagerstätten, wo die Anhydrit- oder Polyhalit-»Jahresringe« im Steinsalz auf Konzentrationsschwankungen oder Schwankungen in einem chemischen Gleichgewicht hindeuten, welche, wenn sie nicht auf den Wechsel der Jahreszeiten zurückgehen, so doch augenscheinlich auf Klimaperioden von mehreren Jahren oder Jahrzehnten zurückgeführt werden können. Echte Jahresschichtung zeigt die Molasse von Oeningen am Bodensee, was HEER schon an den Fossilien nachweisen konnte. In derselben Weise wie in den heutigen Schweizer Süßwasserseen, z. B. im Zürichsee, setzte sich im obermiocänen Süßwasserbecken von Oeningen in der kühleren und nasseren Jahreszeit der von Flüssen und Bächen eingespülte feine Tonschlamm ab; im Spätsommer bei höherer Temperatur des Sees fand dagegen ein sehr feiner mikrokristalliner Absatz von Seekreide statt. Echte Jahresschichtung dürfte auch in marinen Gesteinen vorkommen. Als mutmaßlich hierzugehörig führt HEIM die fisch-



reichen Sedimentschiefer des mitteloligocänen Glarner Flysches, die Silurschiefer der Bretagne und die glazialen Bändertone des schwedischen Diluviums an, von welch' letzteren GERARD DE GEER schon in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts dartun konnte, daß die regelmäßige Bänderung einer jährlichen Absatzperiode entspricht, also Jahresringe darstellt, und welche dann unlängst von demselben Autor benutzt wurden, um eine »Geochronologie der letzten 12 000 Jahre« aufzustellen (25; vgl. auch G. BRAUN 15). Aber die Zurückführung der einzelnen Schichten auf die wechselnden Bedingungen der verschiedenen Jahreszeiten muß sofort dort versagen, wo wir sicher sind, daß die einzelne Schicht nicht das Produkt eines Jahres sein kann, sondern Jahrzehnte, Jahrhunderte oder gar noch länger für ihre Bildung gebraucht hat, wie wir das für die meisten küstenfernen Sedimente, für die Tiefseesedimente annehmen müssen, und wie es auch für einen großen Teil der von PHILIPPI herangezogenen Sedimente der Geosynklinalen gelten dürfte. Die Erklärung solcher Repetitionsschichtungen sucht HEIM in anderen Erscheinungen, und es ist der Mühe wert, den weiteren Gedanken dieses Autors nachzugehen.

HEIM unterscheidet zwei Arten von Repetitionsschichtung, 1. Repetitionsschichtung ohne Gesteinswechsel, 2. Repetitionsschichtung mit Gesteinswechsel. Zu 1 rechnet HEIM z. B. den oberjurassischen Hochgebirgskalk der autochthonen östlichen Schweizer Alpen, manche Abteilungen des Malm im Juragebirge, der dolomitischen Kalke der Ostalpen, des Schrattenkalkes der helvetischen Alpen. »In diesen Fällen handelt es sich in der Schichtung um einen periodischen Unterbruch eines chemischen oder chemisch-organischen Niederschlages, eine Oscillation in der Intensität des chemischen Niederschlages«. Zu 2 (Repetitionsschichtung mit Gesteinswechsel) zählt HEIM den Oberlias und Dogger am Südfuß der Alpen, z. B. bei Chiasso, den Malmkalk der helvetischen östlichen Schweizer Alpen, die silurischen Kalke Skandinaviens, die Jurakalke des Jura, den Liasfleckenmergel der Ostalpen, die Kieselkalke der helvetischen Kreide. Vielhundertfacher Wechsel von Kalk und Mergel ist besonders häufig. In der Regel handelt es sich bei diesen Vorkommnissen um Bildungen des offenen Meeres; die einzelnen Schichten lassen sich weithin verfolgen, ohne auszukeilen. »Die einzelnen Schichten müssen weithin durch das Meer gleichartig gebildet worden sein und der Wechsel in den Absatzbedingungen von Schicht zu Schicht kann nicht durch lokale Wirkungen erklärt werden.« Wie wir heute wissen, — füge ich hinzu, — kann diese zweite von HEIM unterschiedene Art der Repetitionsschichtung, was allerdings zu den Seltenheiten gehört, während es bei der ersten die Regel ist, auch mit Sedimentationsunterbrechung (z. B. Ätzsuturen!) verknüpft sein.

Man darf nun HEIM unbedenklich Recht geben, wenn er das mikroskopische Bild sehr vieler Kalksteine dahin versteht, daß es sich in denselben um viel chemischen Niederschlag handelt, »wobei freilich die Ver-



wesungsprodukte der Organismen im chemischen Umsatz betätigt sein mochten<sup>1)</sup>, und in den genannten Fällen handelt es sich offenbar um einen Wechsel von vorherrschend chemischem mit beigemischt mechanischem Niederschlag. Das ist in dreierlei Weise möglich. 1. Der mechanische Niederschlag ist konstant, der chemische oder organo-chemische setzt periodisch ein. 2. Der chemische oder organochemische Niederschlag ist konstant, der mechanische setzt periodisch ein. 3. Beide Arten der Niederschläge wechseln periodisch miteinander ab. Ganz offenbar ist die wahrscheinlichste dieser drei Möglichkeiten die 1., wonach die Schichtung hauptsächlich in einer Periodizität des chemischen oder organochemischen Niederschlags, in der Regel Kalk- oder Kieselniederschlags, beruht. Da nun z. B. chemischer Kalkniederschlag »vielfach auf Umsetzung durch die Verwesungsprodukte der Organismen beruht, werden wir auf die Frage hingewiesen, inwiefern fällt vielleicht Schichtperiodizität mit Periodizität im organischen Leben zusammen? Dies führt uns auf die Fälle, wo regelmäßiger periodischer Schichtwechsel auch bei organogenen Gesteinen auftritt.« Es ist hier nicht der Platz, die von HEIM hierfür angeführten Beispiele ausführlich wiederzugeben; HEIM führt Foraminiferenkalke (Seewerkalk), Radiolarite und Spongite an, wobei er auch hier darauf hinweist, daß diese in der Regel als organogen bezeichneten Absätze selten oder fast niemals rein organogen sind, sondern die Organismenreste mit scharfer Umgrenzung häufig in einer ihnen chemisch gleichartigen, aber offenbar anorganisch ausgeschiedenen Grundmasse liegen. Aber »wie dieses Verhältnis zustande gekommen ist, wissen wir noch kaum. Die Verwesungsprodukte des Protoplasma der Foraminiferen haben den chemischen Kalkniederschlag hervorgerufen, in welchen gleichzeitig die Schälchen eingebettet worden sind. Oder die durch organisches Leben bedingte Kalkausscheidung hat überhaupt die Abscheidung von Kalk aus der Mutterlauge angeregt, die Organismen haben die Mutterlauge des Meeres gewissermaßen im Sinne des Kalkabsatzes oder des Kieselabsatzes infiziert.« Ein Beispiel hierfür bietet der Malm der Umgebung von Chiasso. Hier ist der Radiolarienhornstein in über hundert Bänke getrennt, wobei jeweils die Mitte der dünnen (meistens 5—10 cm) Bank den reinsten Hornstein enthält, oder die Hornsteinlagen durch Lagen kieseliger, ebenfalls radiolarienreicher Tone in regelmäßigem Wechsel getrennt sind.

Es besteht nun ein auffälliger Unterschied in der Art der Schichtung zwischen den chemischen und organochemischen Gesteinen, die mit mechanischen Sedimenten abwechseln, einerseits und den rein mechanischen Sedimenten andererseits. »Bei unverändertem Gestein ohne petrographischen Wechsel zeigen sich doch die chemischen und häufig auch die organogenen Sedimente sehr deutlich und regelmäßig

<sup>1)</sup> Daß denitrifizierende Bakterien als Lieferanten des kalkfällenden Mittels in Frage kommen, hat G. H. DREW gezeigt (vgl. darüber z. B. W. SALOMON. Über die Bildung dichter Kalke, Diese Zeitschr., V, 1914, S. 478—480).



geschichtet, die mechanischen dagegen in diesem Falle manchmal nicht. So finden wir z. B. 10—30 und sogar bis 100 m mächtige Massen von Conglomeraten (Rigidossen) ohne Schichtungsfläche, Sandsteine bis über 20 m ohne Schichtflächen (Molasse von Ostermündingen), Tonschieferkomplexe von mehreren hundert Metern nur mit Schieferung homogen durchsetzt, aber ohne jede regelmäßige Schichtung.

Bei Schichtung unter Gesteinswechsel zeigen die chemischen und organogenen Sedimente (eventuell unter Mitbeteiligung mechanischer Beimengungen) die oben oft erwähnte regelmäßige hundertfältige Repetition der stets gleichen Periode. Bei den vorherrschend mechanischen Sedimenten dagegen fehlt diese Erscheinung der regelmäßigen Periodicität im Absatz vollständig. Der Schichtwechsel z. B. zwischen Sandstein und Ton oder Conglomerat und Sandstein kann wiederholt und sehr mannigfaltig sein, er nimmt aber nicht den Charakter der regelmäßigen Periodicität, sondern der mannigfaltigen Unregelmäßigkeit an und zeigt eine Menge unregelmäßiger Wechsel beim Verfolgen in horizontaler Erstreckung. Große Regelmäßigkeit in der Schichtung ist bei vorherrschend chemischen und vielen organogenen Sedimenten die Regel, bei rein mechanischen seltene Ausnahme.«

»Die Schichtung der mechanischen Sedimente mit oder ohne Gesteinswechsel beruht auf Wechsel in den Einschwemmungsbedingungen und der Verbreitung und Verarbeitung des Eingeschwemmten... Es ist selbstverständlich, daß durch diese Erscheinungen eine mehrhundertfältige regelmäßige Periodicität in der Schichtung nicht zustande kommen kann.«

Aber alle die Erscheinungen, die wir als den Wechsel der Fazies bedingend seit langem kennen und zu unseren Deutungen verwenden, sind doch nicht imstande, die regelmäßige Schichtung oder den gleichartig tausendmal repetierten Schichtwechsel innerhalb der Ablagerungen unveränderter Fazies zu erklären. »Sie regieren gewissermaßen die Stufen und Unterstufen, die Fazies, aber nicht die Schichtung innerhalb einer Fazies, die wir hier im Auge haben.«

Die Periodizität in der Schichtung der chemischen oder chemisch-organogenen Sedimente mit oder ohne Gesteinswechsel sucht HEIM vielmehr »in einer Oscillation der chemischen Bedingungen um eine Gleichgewichtslage herum; der Niederschlag selbst muß Schuld sein an den Veränderungen der Bedingungen. Setzt ein Meer Kiesel ab, mehr als der Zufuhr entspricht, so wird sein Wasser kieselärmer und relativ kalkreicher. Dadurch hört der Kieselabsatz auf und setzt der Kalkabsatz ein, bis die neue Gleichgewichtslage wieder eine Spur überschritten ist. Wahrscheinlich bedarf es nur minimaler Oscillationen um die Gleichgewichtslage herum, um wechselnd Kieselabsatz oder Kalkabsatz zu provozieren. Noch verständlicher werden uns solche Vorgänge, wenn wir an die Mitwirkung der Organismen denken, wobei die Organismen eine Art Infektion oder Anstoß zu bestimmten chemischen



Umsetzungen im Meere geben können.« Es ist nun klar, daß das Wachstum von Kalkbildnern, etwa Foraminiferen in an Kalksalzen reichem Wasser relativ begünstigt sein muß, daß aber schließlich doch ein Stillstand in diesem Wachstum eintreten muß, wenn das Lebensmedium eben durch dasselbe mehr und mehr an Kalksalzen verarmte, ohne daß eine Zufuhr von außen den Verlust ausgleichen konnte. Dasselbe gilt von Kieselabsatz und Kieselorganismen. Und wir hätten auch hier, trotz allen Einflusses der Organismen, eine Oszillation um eine chemische Mittellage. Alle solche regelmäßige Oszillationen, »bei denen die chemischen Bedingungen die Organismen bedingen und die Organismen ihrerseits wieder den chemischen Bedingungszustand ändern, bei denen die Wirkung Ursache wird in einer Art Kreislauf«, oder auch solche, bei denen rein anorganischer Absatz vorliegt, können natürlich nur so lange unverändert bestehen bleiben, als nicht die außerhalb des betreffenden Sedimentationsbereiches wirkenden Faktoren geändert werden, und in diesem Sinne kann man mit ALB. HEIM repetierte Schichtenfolgen insgesamt als bestimmte Fazies bezeichnen. Nicht Änderung der Fazies bringt also solche Repetitionsschichtungen hervor, sondern Änderung des Sedimentmaterials innerhalb der Fazies.

Zweifellos ist mit der anregenden Arbeit ALB. HEIMS ein großer Schritt im Verständnis der Schichtungen in Geosynklinalen vorwärts getan, und man wird gerne auf das hundert- und tausendfache Hin- und Herzittern des Meeresbodens verzichten, das PHILIPPI dafür heranziehen wollte; eine ganz allmähliche Senkung, mit welcher die Stärke der Sedimentation Schritt hielt, so daß von dieser Seite eine Verschiebung in den Bedingungen der Sedimentation nicht eintrat, ist nach unserem heutigen Wissen eine Vorbedingung für die Entstehung von Repetitionsschichtungen. Wo aber solche Repetitionsschichtung größere Mächtigkeiten beherrscht, spricht sie auch ohne weiteres für tieferes Wasser (sagen wir: mindestens bathyalen Ablagerungsbezirk) und relative Küstenferne, da nur dort die vielfach und unregelmäßig wechselnden Einflüsse der randlichen Flachsee unwirksam bleiben. Eine Ausnahme hiervon bilden selbstverständlich die »chemischen« Sedimente eintrocknender Salzlaugen, wie z. B. unsere Salzlagerstätten mit ihren »Jahresbändern«. Und daß Tiefe und Küstenferne in kontinentalen Gewässern, wie den heutigen Alpenseen oder dem miocänen Becken von Oeningen nur relativ zu verstehen sind, ist selbstverständlich.

Die wichtige Abscheidung der Repetitionsschichtungen aus der großen Masse der Parallelschichtungen durch ALB. HEIM wird gleichwohl der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen noch nicht völlig gerecht. HEIM hatte besonders die Fälle im Auge, bei denen die Entstehung der Schichtung auf das Schwanken um eine chemische (Steinsalz mit Anhydrit-»Jahresbänderung«) oder organochemische (Wechsel von Tonen und Foraminiferenkalken) Gleichgewichtslage zurückgeführt werden kann und bei denen sich also viele horizontale Symmetrie- oder Spiege-



lungsebenen (im kristallographischen Sinne, aber natürlich nicht mit kristallographischer Exaktheit) durch die Schichtung legen lassen. Überschaun wir aber alle die Beispiele, die ich oben für Repetitions-schichtung anführte, so fällt eines, das von TH. BRANDES (14) aus nord-deutschem Lias geschilderte (oben S. 370) aus diesem Rahmen heraus; hier haben wir zwar auch eine Wiederholung, eine Repetition der gleichen Schichtenfolge, es fehlt aber jene horizontale Symmetrie, und an ihrer Stelle stellt sich eine Wiederholung der gleichen Periode ein. Solche Schichtungen müssen eine ganz andere Entstehung haben und sind daher zweckmäßig als rhythmische oder »periodische Repetitionsschichtungen« von den »symmetrischen Repetitionsschichtungen« zu unterscheiden.

Während wir über alle die verschiedenen Arten von Gründen für Veränderungen der Fazies, auf welche die Gesteine durch Ausbildung von Schichtung reagieren, im einzelnen hier nicht zu berichten brauchen, — einen Teil derselben haben wir früher nach PHILIPPI bereits mitgeteilt (S. 368), — mag doch auf eine in der Regel weniger beachtete Möglichkeit der Entstehung von Schichtung noch hingewiesen sein, auf welche O. M. REIS (54) die Aufmerksamkeit gelenkt hat. Allgemein bekannt ist die niederschlagende Wirkung des Meerwassers auf feine Suspensionen; ich selbst habe in einem früheren Sammelreferat über die betreffende Literatur berichtet (6). REIS hat nun insbesondere die Entstehung feiner Tonschichtungen im Auge, wenn er unter Hinweis auf ältere Angaben von RAMANN und OCHSENIUS insbesondere die Resultate BODLÄNDERS heranzieht »über die Stufenfolge der Klärfähigkeit von  $MgCl_2$ ,  $MgSO_4$ ,  $KCl$  und  $NaCl$ , wovon erstere bedeutend überwiegen, wahrscheinlich weil bei beiden letzteren der Ton das Lösungsmittel aus der Lösung zieht (nach LANDGREN negative Adsorption wirkt), während nach OCHSENIUS und KOHLER der Ton  $MgSO_4$  adsorbiert, daher in letzterem Falle als schwerere Masse rascher fällt und in ersterer länger suspendiert bleibt.« »Wir schließen daher, daß kleine Lösungsunterschiede auf Tonschieferung einen Einfluß ausüben können, besonders, wenn bei den wechselnden Adsorptionserscheinungen auch wechselnde Erhärtungen auftreten können, da hier sicher auch eine Verschiedenheit organischer Beimengungen eintritt, welche Lösungsvermehrend und -ausfällend auf Karbonate wirkt.«

### Arten der Schichtung:

Nach alledem gelingt es jetzt leicht, die einzelnen Arten der Schichtung in ihren Beziehungen zueinander in einer Tabelle festzulegen, wobei wir als Einteilungsprinzipien die horizontale Symmetrie oder Asymmetrie der einzelnen Schichtkörper, das Fehlen oder Vorhandensein ursprünglich geneigter Schichten, die Kontinuität oder Nichtkontinuität der Sedimentation und das Fehlen oder Vorhandensein von Gesteinswechsel anwenden werden.

Unsere Einteilung lautet folgendermaßen: (Siehe Tabelle S. 377).



**I. »Normale« (konkordante) Parallelschichtungen:**

			<i>α</i> . Kontinuierliche:	<i>β</i> . Nicht kontinuierliche:
Repetitions- schich- tungen:	Schichtungen ohne Gesteinswechsel:		—	Ia <i>β</i> . Repetitionsschichtung ohne Gesteinswechsel, aber mit Sedimentationsunterbrechung.
	Schichtungen mit Gesteinswechsel:	Gesteinswechsel symmetrisch:	a. Symmetrische Parallelschichtungen ohne Gesteinswechsel:  b. Symmetrische Parallelschichtungen mit Gesteinswechsel:	Ib <i>α</i> . Symmetrische Repetitionsschichtung nur mit Gesteinswechsel.  Ib <i>β</i> . Symmetrische Repetitionsschichtung mit Gesteinswechsel und Sedimentationsunterbrechung.
		Gesteinswechsel periodisch:	c. Periodische Parallelschichtungen mit Gesteinswechsel:	Ic <i>α</i> . Periodische Repetitionsschichtung nur mit Fazieswechsel.  Ic <i>β</i> . Periodische Repetitionsschichtung mit Fazieswechsel und Sedimentationsunterbrechung.
		Gesteinswechsel völlig unsymmetrisch:	d. Unsymmetrische Parallelschichtungen	Id <i>α</i> . Gewöhnliche Parallelschichtung nur mit unsymmetrischem Fazieswechsel.  Id <i>β</i> . Gewöhnliche Parallelschichtung mit unsymmetrischem Fazieswechsel und Sedimentationsunterbrechung.

**I. (Diskordante) Schrägschichtungen:**

a. (Einfache) Schrägschichtungen (die Schichtung lateral gewachsener Aufschüttungskegel):	IIa <i>α</i> . Schrägschichtung aller möglichen Arten von Aufschüttungskegeln.	—
b. Diagonalschichtung (entsteht aus IIa durch Zwischenschaltung [meist dünnerer] »normal« nach I geschichteter Lagen):	IIb <i>α</i> . Diagonalschichtung ohne Sedimentationsunterbrechung (hierhin die meiste Übergußschichtung, manche »Flußschichtung«).	IIb <i>β</i> . Diagonalschichtung mit Sedimentationsunterbrechung und Abtragung an der Basis der eingeschalteten »normal« geschichteten Lagen (»Flußschichtung«).
c. Kreuzschichtung (eine Häufung von IIa mit häufigem Wechsel der Herkunftsrichtung des Materials):	—	IIc <i>β</i> . Kreuzschichtung mit häufig wiederkehrender Sedimentationsunterbrechung und Abtragungsdiskordanzen, in der Regel ohne trennende Horizontallagen (»Dünenschichtung«, »Muldenschichtung«).

Da es ohnehin noch unsere Aufgabe ist, den einzelnen Schrägschichtungen Bemerkungen zu widmen, mögen überhaupt jeder der unterschiedenen Schichtungsarten noch einige Worte gelten und Beispiele für dieselben angeführt werden.

### I. »Normale« (konkordante) Parallelschichtungen.

Wo in Sedimenten oder Sedimentgesteinen weder Gesteinswechsel noch Sedimentationsunterbrechung statthat, ein Fall, der in unserer Tabelle der Rubrik Ia $\alpha$  entspricht, da fehlt überhaupt jegliche Schichtung. Diese Rubrik muß also in der Tabelle offen bleiben. Grenzfälle solcher »ungeschichteter« Ablagerungen gegen alle anderen Fälle von Schichtungen stellen sich dort ein, wo Schichtung nur angedeutet ist oder durch nachträgliche Erscheinungen der Diagenese (5) oder Verwitterung (s. oben S. 357) deutlich wird.

Der einfachste Fall der Parallelschichtung ist der, wenn ein Gestein durch Sedimentationsunterbrechung in einzelne Schichten zerteilt erscheint. Hierbei ist von Gesteinswechsel noch keine Rede.

#### Ia $\beta$ . Repetitionsschichtung ohne Gesteinswechsel, aber mit Sedimentationsunterbrechung.

Zu diesem nicht häufigen Fall von Repetitionsschichtung rechnen wir unter Vorbehalt mit ALB. HEIM z. B. den oberjurassischen Hochgebirgskalk der autochthonen östlichen Schweizer Alpen, manche Abteilungen des Malm im Juragebirge, der dolomitischen Kalke der Ostalpen und des Schrättenskalkes der helvetischen Alpen. Und wenn JOH. WALTHER (64) berichtet, er habe sich im Dachsteingebirge mehrfach vergeblich bemüht, eine deutlich erkennbare Zwischenschicht zwischen den Kalkbänken zu finden, so muß auch dieser Fall hierhergezogen werden. Nur bleibt in jedem einzelnen Falle zu untersuchen, in welcher Weise die Sedimentationsunterbrechung von statten ging. Am nächsten läge die Annahme submariner Anlösung (Ätzsuturen), die aber bei aufmerksamer Betrachtung der Schichtflächen, die immer und immer wieder empfohlen werden muß, nicht leicht zu übersehen ist. Überdies ist der Verdacht nicht immer von der Hand zu weisen, daß ein Teil zunächst hierher zu ziehender Fälle bei genauester Beobachtung doch minimalste Tonzwischenlagen zeigt und hierdurch den Übergang zu I b $\alpha$ , bzw. I b $\beta$  vermittelt. Bezeichnen wir die einzelnen Gesteinsarten mit Zahlen 1, 2, 3, 4 usw., dann würde die Aufeinanderfolge der Einzelschichten bei dieser Schichtung dem Schema

1	3
1	3
1 oder	3
1	3
1	3 entsprechen.



**Ib $\alpha$ . Symmetrische Repetitionsschichtung nur mit Gesteinswechsel.**

Zu dieser Art Schichtung würde gehören z. B. das Steinsalz von Staßfurt mit seinen Anhydrit-»Jahresringen« oder Polyhalit-Einschaltungen, nach HEIM der Oberlias und Dogger am Südfuß der Alpen, z. B. bei Chiasso, der Malmkalk der helvetischen östlichen Schweizer Alpen, die silurischen Kalke Skandinaviens, die Jurakalke des Jura, die Liasfleckenmergel der Ostalpen, die Kieselkalke der helvetischen Kreide. Das Schema solcher Schichtung ist

1		1
2		2
1		3
2		2
1	oder	1
2		2
1		3
2		2
1		1.

Besonders Fälle wie der letztere — dahin gehört z. B. das kürzlich vom Verf. beschriebene Gestein aus dem ? Culm des östlichen Rheinischen Schiefergebirges (siehe oben S. 371) — zeigen mit Sicherheit ihre Zugehörigkeit zu dieser Schichtungsart. Wo indessen nur eine Wechsellagerung zweier Gesteine stattfindet, wie in den meisten der oben genannten Fälle, ist auch eine Zugehörigkeit zu I c $\alpha$  möglich, und Verf. möchte dieses, wenn die POMPECKJSche Deutung für den auffallend regelmäßigen Wechsel von Tonen und Kalken im W. Jura  $\alpha$  und  $\beta$  in Schwaben (s. oben S. 371) stimmt, für jene Schichtung als sicher annehmen.

**Ib $\beta$ . Symmetrische Repetitionsschichtung mit Gesteinswechsel und Sedimentationsunterbrechung.**

Bei dieser Art Schichtung handelt es sich nach Ansicht des Verfs. um organochemische Gleichgewichte im Sinne von ALB. HEIM, bei denen es zeitweise gar zur Eliminierung z. B. bereits gebildeten Kalkes kommt, die sich dann in dem Auftreten von Tonhäuten und Ätzsuturen dokumentiert. Dahin würden gehören die Aptychenkalke mit Korrosionsflächen, die aus den Alpen bekannt sind, und die große Zahl der wohl bathyalen, meist rot gefärbten Knollenkalke mit einseitiger Erhaltung der (submarin angelösten) Fossilien (Orthoceren-, Goniatiten-, Clymenien-, Ammoniten-Knollenkalke vom Lias bis zur unteren Kreide). ALB. HEIM (32) schreibt über den Seewerkalk: »Die Frage liegt nahe, ob nicht auch ein konstanter Absatz von Foraminiferenkalk periodische Wiederauflösung am Meeresgrunde erfahren habe und die Tonhäute die Auflösungsrückstände seien.« Wenn derselbe dann allerdings fortfährt: »Ich halte das im Fall Seewerkalk deshalb für sehr unwahrscheinlich, weil die Auflagerungsflächen der Tonhäute nicht karrig rauh, sondern knollig glatt sind«, so scheint mir umgekehrt gerade dieses für die submarine Anlösung der Kalkschichten, für Ätzsuturen zu sprechen.





### Icβ. Periodische Repetitionsschichtung mit Fazieswechsel und Sedimentationsunterbrechung.

Zu dieser Art Schichtung möchte ich mit Vorbehalt die »Tonplatten« des oberen deutschen Muschelkalkes rechnen, deren vielfach einseitig erhaltene Ceratiten auf submarine Lösungsvorgänge hindeuten, von denen es mir nur noch zweifelhaft ist, ob sie sich so periodisch einstellten, wie es diese Schichtungsart der Theorie nach verlangt. Dieser Erhaltungszustand der Ceratiten ist bereits PHILIPPI bei Abfassung seiner bekannten Ceratiten-Monographie unangenehm aufgefallen: »Da häufig noch beide Seiten des Stückes von einer schützenden Mergelkruste bedeckt sind, so ist kaum anzunehmen, daß diese ungleiche Verwitterung« (der beiden Seiten der Gehäuse) »nach Ablagerung der Schicht durch zirkulierende Gewässer oder durch die Atmosphärien erfolgte. Ich glaube vielmehr, daß die unverwitterte die Unterseite war, die im Schlamm steckte, die verwitterte die Oberseite, welche den zerstörenden Einflüssen am Meeresgrunde ausgesetzt war. Dasselbe scheint mir das zu meinem großen Bedauern fast konstante Fehlen der inneren Windungen anzudeuten«<sup>1)</sup>.

Ein anderes Beispiel dieser Schichtungsart hat C. WIMAN (67) beschrieben. Dieser Autor beobachtete in der Maastrichter Kreide:

	Bryozoenlager	0,75 m
	Harte Bank mit Korallen und Bohrmuscheln	0,50 m
	Tuffkreide	4—5 m
	Bryozoenlager	1 m
	Harte Bank mit Korallen und Bohrmuscheln	0,50 m
	Tuffkreide	9 m

»Die Tuffkreide besteht hauptsächlich aus scharfkantigem Kalksand, in welchem Echinodermfragmente eine hervorragende Rolle spielen. Die beiden anderen Lager sind aus sedentären Tieren entstanden. . . . Die Bryozoenlager bestehen zum größten Teil aus nicht abgeriebenen Bryozoen, deren Basalteile noch auf den Anthozoabänken zu sehen sind und von wo sich sogar noch vereinzelte Exemplare erheben.« Diese Tatsache, auch das Vorkommen der Bohrmuscheln, scheint mir eine periodische Sedimentationsunterbrechung vor Ablagerung des jeweiligen Bryozoenlagers anzuzeigen. Im übrigen deutet WIMAN die Schichtfolge durch »eine entwicklungsgeschichtliche Succession der Tierformation, welche die Tuffkreide bildete, und daß nur einmal ein etwa geologischer Faktor verändernd« eingreifen »und das Ganze auf den Status quo ante zurück«-führen mußte, um die abermalige Ablagerung von Tuffkreide zu veranlassen.

<sup>1)</sup> E. PHILIPPI, Die Ceratiten des oberen deutschen Muschelkalkes. Paläontolog. Abhandl. N. F. 1901, IV, 4, S. 23.

**Id $\alpha$ . Gewöhnliche Parallelschichtung nur mit unsymmetrischem Fazieswechsel.**

Hierhin gehört die große Menge der Schichtungen, welche nicht Repetitionsschichtungen sind, und weitere Bemerkungen über dieselben erübrigen sich ganz von selbst.

**Id $\beta$ . Gewöhnliche Parallelschichtung mit unsymmetrischem Fazieswechsel und Sedimentationsunterbrechung.**

Hierhin möchte ich die Seesedimente gewisser Schweizer Seen rechnen mit »unterzähliger Schichtung« infolge subaquatischer Rutschung nach ARNOLD HEIM (35). Dahin gehören auch die Schichten des deutschen Wellenkalkes mit oberflächlich angebohrten und teilweise zerstörten Schichtflächen, wie sie O. M. REIS (54) beschrieben hat und welche auch vom Verf. vielfach beobachtet wurden. Das bereits oben (S. 363) erwähnte, von F. WÄHNER<sup>1)</sup> beobachtete Beispiel, nach welchem im Sonnwendgebirge stellenweise zwischen rotem Liaskalkstein und weißem rhätischen Riffkalk, welcher letzterer vor Ablagerung des Liaskalksteines schon verfestigt gewesen sein muß, Gesteinszerstörungen stattgefunden haben müssen (»Ätzsuturen«), stelle ich ebenfalls hierher. Überhaupt gehört die große Zahl der parallelen Schichtungen mit Sedimentationsunterbrechungen hierzu, soweit sie nicht mit Repetitionsschichtung verknüpft sind.

**II. (Diskordante) Schrägschichtungen.**

Hauptcharakteristikum dieser Schichtungen ist das Vorkommen primär geneigter Schichten bzw. Schichtchen, deren Neigung, was zugleich wichtig ist, nicht durch die Neigung der Unterlage, sondern eben durch den besonderen Akt der Sedimentation bedingt ist. Solche Schrägschichten treten aber in vielfache Kombination miteinander und mit Parallelschichtungen hauptsächlich der Rubriken Id $\alpha$  und Id $\beta$ , und nach der Art dieser Kombination ergibt sich die weitere Teilung.

Genetisch wichtig ist der Neigungswinkel der einzelnen Schrägschichten, der je nach der Zusammensetzung des aufgeschütteten Materials (Korngröße, spez. Gewicht, Form der Einzelkomponenten), der lebendigen Kraft, welche bei der Aufschüttung tätig war, und nach der Art des Bildungsmediums verschieden ist. Doch besitzen wir vor der Hand noch zu wenig vergleichende Messungen, um in jedem einzelnen Falle allein nach der Neigung der Schrägschichten sagen zu können, in welchem Medium, ob in Wasser oder Luft (Sedimente aus Eis sind bekanntlich ungeschichtet!) die Ablagerung stattfand. Solche Messungen wären einmal an künstlichen Aufschüttungen anzustellen, deren genannte stoffliche Eigenschaften man genau kennt, und zwar sowohl in Luft, wie auch in Wasser. Zum anderen bedarf es vielfacher Messungen der Neigungswinkel in solchen, auch fossilen Ablagerungen,

<sup>1)</sup> FRANZ WÄHNER, Das Sonnwendgebirge im Unterinntal. 1903, I. S. 114.



über deren Bildungsumstände nach anderen Feststellungen ein Zweifel nicht obwalten kann, wobei des Vergleichs halber auch hier Korngröße, spezifisches Gewicht und Form der Gesteinskomponenten festzustellen sind. Bei allen diesen Untersuchungen ist aber stets nur die Messung von Maximalwinkeln von Bedeutung, denn je nach der Lage des betreffenden Anschnitts einer Schrägschichtung zur Streichrichtung derselben wechselt ja dieser Winkel. Auf einem Querschnitt parallel zur Streichlinie einer Schrägschichtung tritt eine solche überhaupt nicht in Erscheinung, die Neigung der Schrägschichten ist  $= 0^\circ$ . Je mehr das Profil aber senkrecht zum Streichen verläuft, desto steiler wird dieser Winkel. Da aber selten in einem einzigen Aufschluß Profile in allen möglichen Himmelsrichtungen zur Untersuchung gelangen, da zudem die geneigten Schichtflächen nicht immer Ebenen von großer Ausdehnung, sondern vielfach Ausschnitte aus Kegelflächen mit relativ kurzem Radius sind, kommt es besonders auf die Messung der Maximalneigung jeder Schrägschichtung an, daneben aber auch auf die Feststellung des Einflusses, den die jeweilige Lage des Profils nach der Himmelsrichtung auf das Bild der Schrägschichtung ausübt.

Das Problem der Gleichgewichtsfiguren pulverförmiger Massen, das hier für uns von Bedeutung wird, hat FELIX AUERBACH (10) vom physikalischen Standpunkt aus untersucht. Er benutzte zu seinen Versuchen außer verschiedenen Samenarten durch Sieben auf gleichartige Korngröße gebrachte Quarz-, Kalk- und Korundsande. Aus seinen Resultaten ist folgendes für das Problem der Schrägschichtungen von Wichtigkeit: »1. Die normale Böschungfläche ist eben. 2. Konvexität der Horizontalschnitte ermäßigt, Konkavität erhöht die Böschung<sup>1)</sup>. 3. In der Nähe fester Wände zeigen sich bestimmte Randwirkungen. . . . 11. Die Böschung nimmt, wenn sie nicht konstant ist, von unten nach oben im allgemeinen ab<sup>2)</sup>. . . . 13. Die Normalböschung der benutzten Stoffe bewegt sich zwischen  $21^\circ$  und  $36^\circ$ ; sie ist desto größer, je kleiner, je dreidimensionaler, je kantiger und eckiger, je leichter das Korn und je

<sup>1)</sup> Das ist ebenso für die Außen- und Innenböschung der Stratovulkane (vgl. G. LINCK in Neues Jahrb. f. Min. usw. Festbd. 1907, S. 91—114, Taf. VII), wie für die Böschungswinkel der Sicheldünen (Barchane) wichtig.

<sup>2)</sup> Wenn dieses in der Natur weder bei den Böschungen von Stratovulkanen und Dünen, noch bei den verschiedenen Schrägschichtungen der Fall ist, — im Gegenteil finden wir in der Regel auch bei den letzteren ein allmähliches Verflachen der Schrägschichtung nach unten, — so liegt das nach AUERBACH (siehe bei LINCK a. a. O. S. 100—102) daran, daß jedes Korn im Momente des Auffallens eine lebendige Kraft besitzt. »Die Körner werden nämlich infolge ihrer lebendigen Kraft weiter rollen, als die bloßen Gleichgewichtsbedingungen erfordern, und zwar werden sie nach dem Gesetze der Wahrscheinlichkeit mehr oder weniger weit rollen. Die Oberfläche wird daher eine von der Natur selbst gezeichnete Wahrscheinlichkeitskurve sein, wie sie dem Physiker unter dem Namen MAXWELLS wohlbekannt ist. . . . Sie beginnt oben »nach oben konvex, hat dann einen Inflexionspunkt und verläuft zuletzt nach oben konkav, um sich der Basis nach und nach anzuschmiegen.«



rauer seine Oberfläche ist . . .«. Hier fehlen leider noch die entsprechenden Versuche unter Wasser.

Messungen von Maximalböschungen natürlicher und künstlicher trockener Schuttkegel hat auf Veranlassung von ALB. HEIM AD. PIWOWAR (52) angestellt. Seine Resultate sind auch für das Problem der Schrägschichtungen von nicht zu unterschätzender Bedeutung und sollen daher hier kurz mitgeteilt werden, wenn dieselben sich auch hauptsächlich auf Schuttkegel größerer Komponenten beziehen. »Je massiger, eckiger, grobkörniger und rauhbrüchiger das Gestein, desto steiler häuft sich sein Schutt an, je plattiger oder schiefriger, je rundlicher, je feinkörniger oder dichter und infolge davon glattbrüchiger das Gestein ist, und je milder die Bruchflächen, desto kleiner wird die Böschung der Schuttkegel. Die Schuttkegelböschungen sind ein direktes Maß für die Reibung der Trümmer aneinander.« Das Maximum ergaben Granite mit  $37^\circ$ , das Minimum Bündner Schiefer mit  $27\frac{1}{2}^\circ$  Maximalböschung. Gesteine mit Schieferungsflächen und plattige Bruchstücke ergeben konstantere Schuttkegelböschungen. Die Höhe des Sturzes der Trümmer ist von nur sehr geringem Einfluß auf die Böschung. Messungen an künstlichen Schuttkegeln ergaben, daß eckige Trümmer eine bedeutend steilere Böschung ertragen, als rundliche. Bei gleichem Material vermehrt Eckigkeit die Böschung um  $3^\circ$ . »Je glatter gerundet die Stücke, desto mehr werden die Differenzen nach der Gesteinsart verschwinden, dafür dann vielleicht solche aus dem spezifischen Gewichte zur Geltung kommen. Wasser im Innern der Schuttkegel vermindert die Reibung der Gesteinstrümmer aneinander, ohne, wie bei Aufschüttung in gestautem Wasser, anhaltend einen Teil des Gewichtes zu tragen. Das Abgleiten der Stücke übereinander wird dadurch erleichtert und der Schuttkegel verflacht. Dabei zeigt sich, daß bei kleintrümmerigem schiefrigem oder plattigem Material die Wirkung des Wassers viel deutlicher ist, als bei grobblockig massigen Trümmern, offenbar, weil bei ersterem die Berührungsflächen, auf welche Wasser reibungsvermindernd einwirken kann, größer, der Druck der Gesteinsstücke aufeinander aber kleiner ist als beim letzteren. Beim Bündnerschiefer sind innerlich nasse Schuttkegel ca.  $7^\circ$  flacher als ganz trocken aufgeschüttete, bei Granit scheint die Differenz kaum einen Grad zu betragen.« Die Trümmer ordnen sich fast bei allen Schuttkegeln recht deutlich nach der Größe, indem nach unten die größeren Trümmer vorherrschen, doch hat die durchschnittliche Größe der Trümmer keinen merklichen Einfluß auf den Böschungswinkel. — Besondere Bedeutung für unser Problem hat aber noch die letzte Feststellung PIWOWARS. Derselbe konnte nämlich durch Versuch und Messung zeigen, »daß verschiedene Materialien in stehendem Wasser aufgeschüttet etwa  $1\frac{1}{2}^\circ$  Böschung mehr ertragen, als dieselben in der Luft angehäuft. Unter Wasser sollte die geringere Reibung flachere Böschung bedingen. Andererseits aber verliert im Wasser jedes Gesteinsstück so viel von seinem Gewichte, als das ver-



drängte Wasser wog. Bei vermindertem Gewicht erträgt die Schutthalde steilere Böschung. Unsere Messungen beweisen somit, daß der Einfluß des verminderten Gewichtsdruckes denjenigen der verminderten Reibung überwiegt. Es bleibt zu untersuchen, ob vielleicht stark tonige Gesteine ein anderes Verhalten ergeben.« Soweit die Resultate des genannten Autors, welche alle für die Frage der primären Neigung von Schrägschichtungen von Wichtigkeit sind, — allerdings in verschiedenem Maße. Was die Schuttbildungen aus groben Komponenten in Luft anbetrifft, so kommen ja solche gelegentlich im fossilen Zustande vor und sind auch als ganz normale Sedimente zu betrachten. Doch wird in den seltensten Fällen über die Entstehung solcher Bildungen irgend ein Zweifel obwalten. Anders ist es bei den Aufschüttungen von geringerer Korngröße; und da interessieren uns insbesondere die vergleichenden Messungen PIWOWARS an künstlichen Schuttkegeln in Luft und Wasser. Leider ist nur in zwei von den 4 gemessenen Fällen die Korngröße angegeben (2—5 mm). Unerwartet ist das Resultat dieser Messungen, daß nämlich die betreffenden Materialien in Wasser aufgeschüttet steilere Böschung ertragen, als in Luft, wofür des Autors angeführte Erklärung als plausibel angenommen werden darf. Hier besteht nun noch eine große Lücke in der experimentellen Forschung bezüglich der kleineren Korngrößen, die für den Geologen besonders wichtig sind, da es sich für ihn in den meisten Fällen gerade darum handelt, die genetische Deutung der Schrägschichtung in feinkörnigen Sandsteinen zu finden, denn nur bei solchen Gesteinen können alle drei Möglichkeiten (Entstehung als äolisches Sediment, im Flußwasser, im marinen Flachwasser) vorliegen. Sicher ist nun, — denn der Augenschein lehrt es überall —, daß das Verhältnis bei sehr feinkörnigen bis schlammigen Sedimenten gerade umgekehrt ist, als in den von PIWOWAR untersuchten Fällen<sup>1)</sup>, und es wird dadurch wahrscheinlich, daß es (für jede Komponentenform) eine bestimmte Korngröße gibt, bei welcher der maximale Böschungswinkel in Wasser und Luft gleich ist. Für uns würde allerdings hieraus die Unmöglichkeit folgen, aus dem maximalen Böschungswinkel von Schrägschichtungen überhaupt auf Entstehung in Wasser oder Luft zu schließen. Besonders auch, da schon der geringe Unterschied, den die PIWOWARSCHEN Messungen gezeigt haben ( $1\frac{1}{2}^\circ$ ), innerhalb der Fehlergrenze liegt, welche sich durch die verschiedene Lage der zur Messung benutzten Durchschnitte, durch Unebenheit der Flächen usw. ergeben. Gleichwohl wird man weitere vergleichende Untersuchungen abzuwarten haben, bevor man es ganz aufgibt, auf diesem Wege zu einem Resultat zu gelangen.

<sup>1)</sup> So wenig exakt nach unseren heutigen Anschauungen seine Versuche auch sein mögen, so mag doch hier ein Ergebnis BORNEMANN'S (13) angeführt sein: »Schüttet man Dünensand vorsichtig durch einen Trichter auf eine ebene Unterlage, so läßt sich bei Vermeidung jeder Erschütterung ein Kegel mit einem Böschungswinkel von etwa  $37^\circ$  herstellen. Läßt man die Aufschüttung unter dem Wasserspiegel vor sich gehen, so erreicht der Winkel kaum  $30^\circ$ .«



Was die Feststellungen an natürlichen rezenten und fossilen Bildungen, deren Entstehung irgend einem Zweifel nicht unterliegt, betrifft, so besitzen wir vielfache Angaben über die Böschungsverhältnisse der Dünen, welche ja parallel ihrer Oberfläche, vielfach aber nur (bei Wanderdünen) parallel ihrer dem Winde abgewandten steileren Leeseite geschichtet sind. Als Durchschnitt der Neigung der flacheren Luvseite mag  $8-10^\circ$ , der Leeseite  $33^\circ$  gelten, als Maximum dürfte  $20^\circ$  für die Luvseite,  $45^\circ$  für die Leeseite anzusehen sein. Andererseits hat FRANTZEN (23) diagonalgeschichtete Sande des Werradiluviums bei Meiningen gemessen: »Die Sichtbarkeit der Streifung des Sandes ist durch Verschiedenheit der Korngröße und durch Verschiedenheit der Färbung bedingt. Die Streifung richtet sich . . . in allen Lagen ganz regelmäßig flußabwärts, so daß das Maximum ihrer Neigung parallel mit der Richtung des früheren Flußlaufes geht. Der Winkel der Neigung steigt bis auf etwas über  $30^\circ$ ; im Durchschnitt mag er etwa  $23^\circ$  betragen, geht aber unter diese Ziffer an einigen Stellen noch ansehnlich herunter.« (Beobachtungen über die Neigungen der »periklinalen« Schrägschichtungen der Stratovulkane sind nicht unmittelbar auf normale Sedimente übertragbar, einmal wegen der Eigenart der vulkanischen Componenten [niedriges spezifisches Gewicht infolge Porosität, mehr oder weniger zackige Oberfläche, welche reibungsverstärkend wirkt], zum andern aber auch, weil diese Böschungen häufig von durchsetzenden Gangbildungen gestützt werden.)

Man kann nicht behaupten, daß das Wenige, was wir bezüglich der Böschungswinkel von Schrägschichtungen an Sicherem wissen, sehr ermutigend wirkt. Und so nimmt es denn nicht Wunder, wenn z. B. W. DIENEMANN (19) bei seinen Untersuchungen über den Marburger Buntsandstein, während welcher der Verf. ihm mehrfach anriet, jede Gelegenheit zur Messung der Maximalwinkel bei Schrägschichtung zu benutzen, zu keinem eindeutigen Resultat bezüglich der Genese dieser Schrägschichtungen gelangte. DIENEMANN gibt in einer Tabelle 10 solcher Messungen von Maximalneigungen aus dem mittleren Buntsandstein Oberhessens an, wobei bedauerlicherweise die Himmelsrichtung fehlt, nach denen die Schichten geneigt sind. »Winkel über  $30^\circ$ «<sup>1)</sup> hat DIENEMANN »nie beobachtet, der Durchschnitt ist etwa  $20^\circ$ . Überall zeigt sich, daß die Neigung oben stärker als unten ist; die obigen Werte beziehen sich alle auf den oberen Böschungswinkel.« Vergleicht man aber diese Ergebnisse mit den eben erwähnten, an Dünen und an Flußschichtungen gewonnenen Zahlen, so bleibt es doch noch zweifelhaft, ob in den Schrägschichtungen des Buntsandsteins äolische oder fluviatile Bildung

<sup>1)</sup> Größere Neigungen, die man in Abbildungen und Profilen noch häufig sieht, sind durchweg übertrieben und unrichtig. Hier können nur exakte Messungen weiter führen, da man erfahrungsgemäß Neigungswinkel immer überschätzt. Wenn WALTHER (65) von der Leeseite einer Diagonalschichtung im schwedischen Birikalk  $50^\circ$  Neigung angibt, so ist das äußerst auffallend und erheischt eine besondere Erklärung, zumal wenn man die von PIWOWAR (52) gegebenen Zahlen vergleicht.



vorliegt. (Daß Bildung im Meere für den unteren und mittleren Buntsandstein ausscheidet, bedarf keiner Diskussion mehr!)

Es ist von JOH. WALTHER (64) Nachdruck darauf gelegt worden, »daß die Diagonalschichtung<sup>1)</sup> nach den beiden Diagonalen, je nachdem antiklin oder synklin gegliedert ist.« »Diagonalschichtung entsteht dadurch, daß ein, aus concentrischen Schalen aufgebauter Sedimenthügel seine Lage verändert und hierbei einen Teil seiner Basis am alten Orte zurückläßt.« Im Gegensatz hierzu kann ich nicht finden, daß dort, wo nur Schichtung nach einer Diagonale vorkommt, der Ausdruck »Diagonalschichtung« unangebracht sei. Es gibt vielmehr eine ganze Anzahl Fälle, wo Schichtung nur nach einer Diagonale vorkommt, so bei geschichtetem Abhangsschutt, bei der oben geschilderten Übergußschichtung; und es muß sich dabei keineswegs immer, wie WALTHER meint, »um den Durchschnitt eines Schuttkegels an der Mündung eines Flusses oder um jene Art der unregelmäßigen Schichtung« handeln, »welche FORCHHAMMER (22) durch die Anspülung von Sandschichten an einen meerwärts geneigten Strand erklärt hat.« Was diesen letzteren Fall übrigens anbetrifft, so dürfte er ebenso selten fossil zur Beobachtung gelangen, wie eigentliche Strandwälle. »Aber nicht nur durch das Wandern festländischer Dünen, sondern auch durch Verschiebung mariner Sandbänke und Barren kann Diagonalschichtung entstehen,« wenn dieselben »im oberen Teile wandern, während der untere Teil stehen bleibt. Ist der Neigungswinkel der antiklinal zusammenstoßenden Schichtungsdiagonalen annähernd gleich groß, dann handelt es sich um eine Bildung unter Wasser, ist derselbe auf der einen Seite etwa 5—10°, auf der anderen Seite 20—30°, so liegt ein Dünengestein vor.« Demgegenüber ergibt sich aber wohl aus obigen Bemerkungen zur Genüge, wie schwer es gleichwohl ist, bei fossilen Schichtungen eine sichere Entscheidung allein nach dem Neigungswinkel der Schrägschichtung zu treffen.

Auf die verschiedene Richtung der Schichtenneigung bei den einzelnen Arten der Schrägschichtungen wird im folgenden Abschnitt näher einzugehen sein, der auch Beispiele dieser Arten enthalten soll.

### IIaα. Einfache Schrägschichtung.

Dieser einfachste Fall der Schrägschichtung bedarf keiner weiteren Erläuterung mehr, da er fast nur bei rezenten, vereinzelt auftretenden Bildungen sich zeigt, im fossilen Zustande aber entweder mit seinesgleichen (IIc) oder mit Parallelschichtungen (bei IIb) vergesellschaftet auftritt. Die Schichtung einer Wanderdüne parallel zur steileren Lee-seite, die Schichtung eines Schuttkegels gehört hierher.

<sup>1)</sup> Hierbei ist indes zu beachten, daß JOH. WALTHER unter »Diagonalschichtung« auch unsere Kreuzschichtung einbegreift! Diagonalschichtung nach beiden Diagonalen entspricht unserem 2. und 3. Typus der Kreuzschichtung.



Leicht verständliche ausländische Ausdrücke für diese einfachste Art der Schrägschichtung wären »stratification oblique«, ein Ausdruck, den ich bei HAUG (31) finde, bzw. »oblique bedding«, was in zusammengesetzter Form bei GRABAU (29) vorkommt.

### IIb. Diagonalschichtung.

Diagonalschichtung einfachster Art besteht aus 3 Elementen, zu unterst horizontalen, nach I geschichteten Lagen, in der Mitte einer nach IIa  $\alpha$  schräg geschichteten Lage und zu oberst wieder aus horizontalen Lagen. Schon LYELL hat von »diagonal stratification« gesprochen, und in ihr haben wir die Schrägschichtung, für die noch am ehesten der etwas mißliche und besser ganz zu vermeidende NAUMANNsche Ausdruck »Diskordante Parallelstruktur« zutrifft. Das hat auch DIENEMANN (19) bemerkt, welcher Diagonalschichtung aus dem mittleren Buntsandstein Oberhessens abbildet. Die von ihm gemessenen (maximalen) Neigungswinkel wurden oben bereits mitgeteilt; sie bleiben in der schräggeschichteten Mittellage nicht überall gleich, sondern wechseln gelegentlich, ohne daß sich aber der Sinn der Neigung ändert. Dieser Wechsel in der Neigung der Schrägschichten der gleichen Mittellage erklärt sich m. E. am einfachsten dadurch, daß sich die Richtung der (Luft- oder Wasser-) Strömung, welche die wachsende Sedimentaufschüttung bedingte, änderte, wodurch auch die Lage der Maximalböschung sich verschieben mußte. Das ist auch die Deutung von A. JENTZSCH (41) bei Beschreibung der Dünenschichtung, ohne daß aus dieser Übereinstimmung sich zweifellos die äolische Entstehung der betreffenden Buntsandsteinschichten ergeben müßte. JENTZSCH beschreibt die Schichtung parallel zur steileren Leeseite der Dünen. »Wo die Düne ihre Wanderrichtung verändert hat, müssen die an den Leeseiten gebildeten Schichten in Winkeln aufeinanderliegen. Doch auch die Luvseite kann sich erhöhen, solange die Düne infolge reichlicher Sandzufuhr wächst; dann liegen sanft ansteigende Sandschichten über den Schichtenköpfen 30° einfallender Schichten. Derartige Diagonalschichtung ist eine ganz gewöhnliche Erscheinung. . . . Am besten sieht man sie, wo Dünenketten durch das Meer oder Flüsse quer abgenagt wurden, sowie an dem 20 m tiefen künstlichen Durchstich der Weichsel durch die frische Nehrung bei Nickelswalde. Wo aber das Meer die Langseite einer Düne benagt, da zeigen die Entblößungen . . . nur horizontale Schichtungslinien, weil . . . die schrägen Schichtungsflächen im Schichtenstreichen abgenagt werden, mithin horizontale Durchschnitte ergeben.« So bildet JENTZSCH typische Diagonalschichtung in einer Kupste (einem alten Dünenrest) der Kurischen Nehrung ab: »Man sieht die mit 30° nach Osten fallenden Schichten der einstigen, jetzt längst überschütteten Sturzdüne und darüber ein annähernd wagerechtes, minder regelmäßiges Schichtensystem, welches z. T. der Luvseite einer einst zeitweilig wachsenden Wanderdüne angehört. . . .«



Typische wiederholte Diagonalschichtung mit gleichgerichteter Neigung der Schrägschichtung in den verschiedenen durch horizontale Lagen getrennten Schichten hat W. H. HOBBS (38) aus jungen fluviatilen Schottern Spaniens und Italiens beschrieben. Ausgezeichnete Diagonalschichtung der Nilsedimente hat M. BLANCKENBORN (12) in der Gegend von Feschn in Mittelägypten beobachtet. »Die Mineralien gruppieren sich teilweise nach der Schwere, indem jedenfalls das häufige Magnet-eisen besondere Lagen für sich bildet, die beim Durchschnitt durch die Sandbänke als schwarze Streifen auffallen. Dadurch wird auch die eigenartige Schichtung des Sandes leichter ersichtlich, welche sich in schräg flußabwärts oder nach N. geneigten Ebenen, die von den eigentlichen horizontalen Schichtflächen geschnitten werden, vollzieht. Der zwischen dem Sand eingelagerte Nilschlamm bildet im Gegensatz dazu horizontale Lagen.« Leider erfahren wir nichts über den Neigungswinkel der Schrägschichtchen; die durchschnittliche Korngröße des Sandes ist  $1/10$ — $3/10$  mm. BLANCKENHORN fügt hinzu: »Diese Art diskordanter Parallelstruktur ist bei den norddeutschen Flachlandsgeologen unter dem Namen Deltaschichtung<sup>1)</sup> bekannt. Man könnte sie aber eher als Flußschichtung bezeichnen, da sie sich keineswegs auf Deltagebiete beschränkt.« Eine unregelmäßigere Art der Flußschichtung mit ziemlichem Zurücktreten horizontal geschichteter Lagen, aber doch gleichsinniger Neigung aller Einzelschichten hat FRANTZEN (23) aus dem Werra-Diluvium bei Meiningen beschrieben (Neigungswinkel oben S. 386). »An der Oberfläche jeder Sandschicht beginnt die Streifung steil und recht scharf. Sie behält ihre Richtung an dem größten Teil der schiefen Ebene bei, verflacht sich aber in der Nähe der unteren Schichtfläche mehr und mehr und verfließt unten ganz allmählich in die Horizontale. . . . Jede Welle riß . . . Sand und Schlamm mit sich fort und ließ das Material, es bei der Bewegung nach der Korngröße separierend, wieder fallen, sobald die Stoßkraft erlahmte, wobei die niederfallende Masse sich annähernd unter dem durch die Korngröße des Materials bedingten Böschungswinkel abböschte. GÜMBEL hat nach diesem Vorgange die Diagonalschichtung ganz treffend auch als Übergußschichtung bezeichnet.« In der Tat ist auch die an den Umrandungen der rezenten und fossilen Riffe zu beobachtende Übergußschichtung (s. auch S. 360) größtenteils hierherzustellen. Der zuletzt nach der Darstellung von FRANTZEN beschriebene Fall von Flußschichtung vermittelt aber bereits den Übergang zu manchen Fällen »wirrer Kreuzschichtung«, die ebenfalls als Flußschichtung entstehen kann, bei welcher dann aber infolge störender Einflüsse im Abfluß des Wassers, wofür FRANTZEN verschiedene Gründe aufzählt, in verschiedenem Sinn geneigte Schichten auftreten.

---

1) Über Schrägschichtungen in Schotterdeltas, wie sie sich, wenn auch selten, gelegentlich sogar in marinen Deltas zeigen, vgl. noch 17a und 18a.



Unserer »Diagonalschichtung« entspricht, was GRABAU (30) als »delta« und »torrential type of cross bedding« beschreibt, zwischen denen ein Unterschied m. E. nicht besteht. An anderer Stelle (29) spricht er auch von »compound oblique bedding«, unter welchem Ausdruck man aber alles Mögliche verstehen könnte. Die Franzosen nennen unsere »Diagonalschichtung« vielfach »stratification torrentielle«.

In der Tabelle habe ich bei der Diagonalschichtung kontinuierliche und nichtkontinuierliche unterschieden, worauf im Text bisher noch keine Rücksicht genommen wurde. Wohl nur wenige Fälle können mit Sicherheit zur ersten Art, II b  $\alpha$ , gezählt werden, so wohl die Schichtung der Nilsedimente, die BLANCKENHORN beschrieben hat, und die meiste Übergußschichtung an Riffen. Für eine große Zahl der Diagonalschichtungen besteht aber begründeter Verdacht, daß bei ihrer Bildung Sedimentationsunterbrechung und Abtragung statthatten und dieselben somit zu II b  $\beta$  zu stellen sind; und je unregelmäßiger die Diagonalschichtung ist, desto mehr wächst die Wahrscheinlichkeit jener Vorgänge. Wenn DIENEMANN zwar schreibt: »Die horizontalen Lagen, welche gleichsam über die Schichtenköpfe der anderen transgredieren, sind meist feinkörniger und oft als dünnbankige Sandsteine ausgebildet, während die zwischenliegenden Schichten nur ein loses Haufwerk grober Körner bilden«, so mag es in diesem Falle doch zweifelhaft sein, ob die »Transgression«<sup>1)</sup> hier mit einer eigentlichen Sedimentationslücke und Abtragung zusammenfällt. Erstere ist natürlich nicht von der Hand zu weisen. Eine Abtragung scheint aber nicht stattgehabt zu haben, denn dagegen spricht die meist geringere Korngröße der transgredierenden Lagen, wodurch dasselbe Verhältnis in den Korngrößen entsteht, wie in den erwähnten Nilsedimenten, die wir in die Rubrik II b  $\alpha$  einreihen.

Wir haben im vorhergehenden typische Diagonalschichtung sowohl als Fluß- wie als Dünenschichtung kennen gelernt. In beiden Fällen ist die Konstanz der Richtung einer Wasser- oder Luftströmung wesentlichster Faktor für die Entstehung der Schrägschichtung dieser Schichtungsart; doch sehe ich mich vorderhand außerstande, unterscheidende Merkmale für die Entstehung in diesem oder jenem Medium anzugeben, solange nicht die Korngröße und anderes weitere Anhaltspunkte gewähren und solange nicht vergleichende Experimente für die verschiedenen feineren Korngrößen usw. in Luft und in Wasser vorliegen. Auch die Entstehung von Diagonalschichtung durch Wandern mariner Sandbänke ist nicht von der Hand zu weisen.

### II c $\beta$ . Kreuzschichtung.

Öftere Sedimentationsunterbrechung und Abtragung ist charakteristisch für diese unregelmäßigste Art der Schichtung, bei der ein häufiger Wechsel in der Richtung der Neigung der Schrägschichten die Regel ist.

<sup>1)</sup> Daß gerade festländische Ablagerungen »transgredieren« können, darauf hat ja J. WALTHER immer und immer wieder hingewiesen.



Daher der deutsche Name Kreuzschichtung (entsprechend englisch »cross stratification« (LYELL), französisch »stratification entrecroisée« (BRIART, 16, GOSSELET, 27).

Wenn man viele Aufschlüsse kreuzgeschichteter Ablagerungen gesehen hat und die Abbildungen miteinander vergleicht, welche so manche Autoren von dieser Erscheinung gegeben haben, und man gleichzeitig von den ganz unregelmäßigen Arten der Kreuzschichtung absieht, dann scheinen sich aus der bunten Mannigfaltigkeit der Bildungen, die überall ineinander »verfließend« übergehen können, doch drei Typen von Kreuzschichtung besonders herauszuheben.

1. Wirre Kreuzschichtung. Bei ihr bestehen die schräggeschichteten Pakete aus einzelnen, unvermittelt aneinander abstoßenden Schrägschichten mit verschiedensten Einfallswinkeln und häufig entgegengesetzter Neigung, wobei entgegengesetzte Neigungen nur selten in Umbiegungen miteinander verbunden sind. Diese Art der Kreuzschichtung, für welche der GRABAUSCHE Ausdruck »criss cross bedding« (29) eine gute englische Bezeichnung wäre, muß auf ganz unvermittelten Wechsel der Bewegungsrichtung des sedimentierenden Mediums zurückgeführt werden und macht mir den Eindruck, als ob sie nicht durch Luftbewegung hervorgerufen sei, sondern durch strömendes Wasser, welches, auf wenig geneigter Unterlage fließend, häufig seinen Lauf verlegte. Man kann dabei an die sog. »Schichtfluten« denken, deren gelegentliches Auftreten manche Reisende in Trockengebieten beglaubigt haben; an die Abflüsse der abschmelzenden Gletscher, in denen sich die Fluvioglazialschotter niederschlagen, an mäandernde Flüsse oder endlich auch an marines Flachwasser in gezeitenbewegten Meeren. Gegen Bildung in einem Fluß mit festem Bett oder gegen Dünenschichtung spricht die Unregelmäßigkeit der Neigung, gegen äolische Bildung überhaupt die in der Regel gröbere Beschaffenheit der betreffenden Ablagerungen. Übrigens scheint bei dieser »wirren Kreuzschichtung« Sedimentationsunterbrechung und Abtragung auf ein Minimum beschränkt zu sein, so daß man hierbei eher von schräger Anlagerung als von »Transgression« zu sprechen geneigt ist. DIENEMANN (19) bildet solche wirre Kreuzschichtung aus miocänen, fluviatilen Sanden des Stempels bei Marburg (Lahn) ab und bemerkt, daß ähnliches auch im oberhessischen Buntsandstein auftritt, aber weniger häufig als eigentliche »Diagonalschichtung«. Buntsandstein mit solcher wirren Kreuzschichtung dürfte daher in fließendem Süßwasser abgelagert worden sein. Andererseits deutet die gleiche Art der Schichtung im Schaumkalk von Meiningen (FRANTZEN 23) wohl auf das Meer als Entstehungsort; doch braucht nicht jeder Oolith, welcher Kreuzschichtung zeigt, dieselbe im Meere erhalten zu haben, beschrieb doch schon AGASSIZ (2) von den Key-Inseln bei Florida s. E. durch Wind aufgehäufte junge Oolithe mit Kreuzschichtung: »... finest oolithes, pretty regularly stratified, but here and there like torrential deposits; the stratification is more distinctly visible where the rocks



hase been weathered. . . . The uniformity of the minute oolithes leaves no doubt that the sand must have been blown up by the wind and accumulated in the form of high dunes before it became consolidated . . . «<sup>1)</sup>.

Bei einem zweiten und dritten Typus der Kreuzschichtung, die aus der Mannigfaltigkeit besonders heraustreten, zeigen die schräggeschichteten Lagen vielfach bogige Übergänge der Neigung von einer zur anderen Seite, so daß Bilder entstehen, die an Profile gefalteter Schichtenfolgen mit Diskordanzen erinnern. Ein häufiger Fall mag hier als

2. (vorwiegend) antiklinale Kreuzschichtung bezeichnet werden. Bei diesem Typus sind die Umbiegungen der Schrägschichten in der Hauptsache nach oben konvex, die einzelnen kreuzgeschichteten Lagen aber sind langgestreckte Keile. Die Schichtung, welche WALTHER (65) aus schottischem Torridon-Sandstein skizziert hat, scheint hierher zu gehören. Wenn BRIART (16) aber im Hinblick auf solche Art der Schichtung schreibt: »Les dépôts dunaux ont toujours ou presque toujours la courbure tournée vers le haut, tandis que les dépôts provenant de la sédimentation l'ont indifféremment vers le haut ou vers le bas«, so ist damit noch lange nicht bewiesen, daß in dem in Frage stehenden Typus nun immer Dünenschichtung vorliegt. Im Gegenteil erscheint mir die Kritik, die GOSSELET und DOUVILLÉ an den Anschauungen von BRIART übten, durchaus berechtigt, und der »aus concentrischen Schalen aufgebaute isolierte Hügel von Sediment«, der »seine Lage veränderte und hierbei einen Teil seiner Basis am alten Orte zurückläßt« (J. WALTHER 64) muß nicht, aber kann diese Wanderung auch subaquatisch vollzogen haben.

Bei einem 3. Typus der Kreuzschichtung endlich, den wir als

3. synklinale Kreuzschichtung oder Muldenschichtung (nach TOULA 61) bezeichnen wollen, liegen die Umbiegungen der schräggeschichteten Lagen mit der konvexen Wölbung nach unten und dieselben bilden nicht mehr annähernd paralleseitige Körper, auch nicht langgestreckte Keile, sondern unregelmäßig ineinander greifende linsenförmige Einzelkörper. Ein ausgezeichnetes Beispiel dieser »Muldenschichtung« hat TOULA (61) aus jungtertiären Sanden bei Mödling beschrieben: »Der einheitlich feinkörnige, tonfreie Sand . . . würde . . . für die Annahme sprechen, daß man es mit äolischen Sandablagerungen zu tun habe, die . . . als das Resultat schwächerer Windströmungen aufgefaßt werden dürften, die sich wohl so weit gesteigert haben könnten, daß zeitweilig Abblasungen eintreten und muldige Hohlkehlen, und

<sup>1)</sup> Die Gerechtigkeit erfordert es, hinzuzufügen, daß neuere Beobachter diese Anschauung der äolischen Aufhäufung der Key-Oolithe nicht teilen, sondern an Entstehung der Kreuzschichtung derselben unter Wasser denken, ohne zwar diese gegenteilige Ansicht eingehender zu begründen. (Vgl. SAMUEL SANFORD in Florida State Geological Survey, Second Annual Report 1909, S. 221 und U. St. Geol. Survey Water-Supply Paper 319. Wash. 1913, S. 183). Gegebene Abbildungen sind zu schlecht, um danach ein Urteil zu fällen.



zwar in großer Zahl ausgefegt werden konnten, die dann wieder mit den Absätzen aus weniger stark bewegter Luft angefüllt wurden, um dann abermals ab- und ausgeblasen zu werden, ein sich wiederholendes Spiel des Windes. Große Ähnlichkeit zeigen ab und zu Schneewehen auf ebenem Sande, wie ich sie öfter . . . beobachtete.« In der Tat könnte man in diesem Falle an durch Sand ausgefüllte Windmulden<sup>1)</sup> denken, und eine abermalige Sandüberschüttung des unregelmäßig welligen »Sandmeeres« der Sahara, das HAUG abbildete und TOULA hierbei heranzieht, müßte auf dem Querschnitt ein ähnliches Bild ergeben, wie die von TOULA so ausgezeichnet abgebildete Sandablagerung von Mödling. Wenn derselbe gleichwohl nicht zu einem abschließenden Urteil über die Entstehung seiner »Muldenschichtung« kommt, so erkennen wir auch hieraus, daß die Entscheidung doch nicht so einfach ist, wie sich manche Autoren denken. Insbesondere will ich hier GRABAU (28—30) nennen, welcher in der Übertreibung der WALTHERSchen Anschauungen so weit geht, daß er alles das, was wir hier als Kreuzschichtungen zusammenfaßten, als »Eolian cross bedding« bezeichnet und damit für eine große Zahl von Sand- und selbst Kalksteinen zu einer äolischen Entstehung gelangt. Mit Recht ist ihm hierbei bereits KINDLE (43) entgegengetreten, der aber auch keinen gangbaren Weg weist, aus dem schwierigen Dilemma herauszukommen. Der Eindruck aber, den Verf. nach alledem gewonnen hat, ist der, daß für äolische Entstehung hauptsächlich ein Teil der typischen Diagonalschichtung und der »antiklinalen Kreuzschichtung« in Frage kommt. Daß aber größere Steilheit der Neigung immer für Dünen-schichtung spräche, wie BRIART (16) gemeint hat, kann vorläufig — bis zum Vorliegen exakter Versuche — nicht mit Bestimmtheit ausgesprochen werden. Auch bedarf es viel exakterer Messungen der Schrägschichtung aller einzelnen Aufschlüsse, als sie in der Regel bisher üblich waren. Vielleicht kommt aber folgendem Kriterium eine Bedeutung hinsichtlich der Unterscheidung äolisch und subaquatisch entstandener Schrägschichtung zu; CLOOS (17) hat eine dementsprechende, ganz plausible Bemerkung gemacht. Wir berichteten bereits oben mit den Worten FRANTZENS (23) über das Verflachen der schräggeschichteten Lagen einer Diagonalschichtung gegen die Unterlage und hatten von AUERBACH gelernt, daß die bei solcher Sedimentation entstandene Kurve eine MAXWELLSche Wahrscheinlichkeitskurve darstellt. Und nun schreibt CLOOS zu diesem in der Regel zu beobachtenden Phänomen des Verfließens der Schrägschichtung auf der Unterfläche: »Teils dem Zuge des verfrachtenden Mediums, teils der begonnenen Bewegung, teils nur

<sup>1)</sup> Windmulden entstehen allerdings in der Regel nur in bewachsenen Dünen, dort, wo die Vegetation durch irgendwelche Vorgänge zerstört ist. Im allgemeinen sind vielmehr, wo Vegetation fehlt, für Windabtragung ebene Flächen charakteristisch: »Ebenflächigkeit der Denudationsebene ist ein wesentlicher Charakter der Deflation« (JOH. WALTHER [63], S. 554) und das erinnert vielmehr an die ebenen Begrenzungsflächen zwischen den schräggeschichteten Lagen unserer »antiklinalen Kreuzschichtung«.



der Schwere folgend, eilt der Sand auf der abgeneigten Böschung einer Sandzunge der gemeinsamen Unterlage zu. Alle drei Kräfte, besonders aber die erste, die Strömung des Mediums, streben dahin, »übers Ziel hinaus zu schießen« und damit zwischen Böschung und Unterlage sanft zu vermitteln; vor allem, wo das Wasser den Transport übernimmt, ist Anschmiegen und Verfließen Gesetz. . . . Im Winde dagegen, wenn auf der Leeseite von Sicheldünen der Sand, jedem Lufthauch entzogen, passiv zu Boden fällt, sehen wir seine Böschung unvermittelt gegen den Untergrund abstoßen, unvermittelt, weil jeder Nachklang einer ausgleichenden Kraft verstummt ist.« Hier kommt die Wirklichkeit also den Idealfällen der AUERBACHSchen Gleichgewichtsfiguren am nächsten, und, nach diesem Kriterium zu schließen, dürfen wir z. B. die »Diagonalschichtung«, die DIENEMANN aus oberhessischem mittleren Buntsandstein beschrieben hat, wohl als äolisch entstanden betrachten, da hier das »Verfließen auf der Unterlage« zwar nicht ganz fehlt, aber doch auf ein Minimum reduziert ist. Und auf noch etwas anderes hat CLOOS (17), der die durch das Anschmiegen der Schrägschichtung an die Unterlage bedingte Nichtumkehrbarkeit der Bilder als Leitmittel bei verwickelten tektonischen Verhältnissen empfiehlt, hingewiesen, auf die Abtragungen, welche bei der Bildung der meisten Schrägschichtungen statthaben. Wir sprachen bereits in der Einleitung von »Schichtungsdiskordanzen«. Zu dieser mit Abtragung verbundenen Erscheinung, die bereits BORNEMANN (13, S. 14) erkannt hat und auch GRABAU (30) beschreibt, bemerkt CLOOS (17) folgendes: »Die Diskordanz in der Kreuzschichtung hat mit der Diskordanz nach Faltung eines gemeinsam: ihre Entstehung durch Erosion (bzw. Abrasion) und anschließende Transgression. Die Untergrenze der einzelnen Schichtbündel ist die ursprüngliche. In der Obergrenze dagegen ist uns nur selten die Uroberfläche des Ablagerungspaketes erhalten. Meistens vielmehr bewirkt der häufige und plötzliche Wechsel der Strömungsrichtung und -stärke (gleichviel ob in See-, Flußwasser oder Wind), daß das kaum gebildete Sediment teilweise wieder abgetragen, insbesondere seiner Kappe beraubt wird, und daß sich dann die transgredierende jüngere Partie auf die abgeschnittenen Schichtköpfe der älteren mit einer Erosionsdiskordanz aufлагert. So begreift es sich auch, warum wir vielfach als untersten Horizont des höheren Bündels ein etwas gröberes Sandblatt, ein »Basalkonglomerat« antreffen, ein Sediment, das von der größeren Heftigkeit Kunde gibt, mit welcher Abtragung und Transgression sich abgespielt haben.«

Nach wie vor bleibt es unmöglich, aus dem Vorkommen von Schrägschichtung allein auf äolische, fluviatile bzw. limnische oder marine Bildung zu schließen. Doch ist es Pflicht des Geologen, jeden ihm zur Verfügung stehenden Fall nicht nur mit einem ihm gerade passend erscheinenden Namen zu belegen, sondern unter Berücksichtigung der



Lage des betreffenden Anschnittes auszumessen und aufzunehmen, die Neigungsrichtungen der Maximalböschungen festzustellen und Art und Korngröße des Materials zu fixieren. Nur so kann es m. E. mit der Zeit gelingen, auf gleichsam statistischem Wege weiter zu kommen. Und dabei mögen die vorgeschlagenen Unterarten der Schrägschichtungen vielleicht von Wert sein. Besonderes Interesse haben alle diese Feststellungen für diejenigen Fälle, in denen andere Möglichkeiten, die Bildungsart zu rekonstruieren, mehr oder weniger fortfallen. Das ist z. B. im Archaikum und Algonkium der Fall. VON FRITSCH (24) bildete »Diagonalstruktur« im Gotthard-Gneis vom Hühnerstock ab, HÖGBOM (39) ebensolche »current bedding« aus archaischem Quarzit Schwedens. SEDERHOLM (57) beschreibt »stratification entrecroisée« (»wirre Kreuzschichtung« würden wir sagen) aus archaischem Quarzit Finnisch-Lapplands und »Muldenschichtung« aus bottnischem Phyllit von Tamersfors in Finnland.

Daß Schichtung, und das gilt auch von den Parallelschichtungen, durch Metamorphose verloren gehen kann, ist nach WALTHER nur Ausnahme von der Regel. Ich selbst beobachtete gelegentlich im hochkristallinen »Angertaler Marmor« zwischen Hof- und Badgastein im frischen Bruch nichts von irgend welcher Schichttextur. Angewitterte Flächen zeigten aber selbst nach so intensiver Metamorphose deutlich die gefalteten Schichten, deren verschiedene Struktur oder Zusammensetzung also nicht ganz verschwunden ist.

Unsere, im allgemeinen referierende Darstellung hat gleichwohl einige Ergebnisse gezeitigt, welche hier am Schluß noch einmal hervorgehoben werden sollen:

1. Vorhandensein oder Fehlen von Schichtfugen ist unwesentlich für das Wesen der Schichtung.

2. Schichtung, bei welcher in ein oder zwei Dimensionen besonders ausgedehnte Komponenten sich mit ihrer größten Dimension in die entstehenden Schichtflächen hineinlagerten und so ein besonders deutliches Kohäsionsminimum parallel zur Schichtung schufen, kann man mit LORETZ als »ursprüngliche« oder mit SALOMON als »primäre Schieferung« bezeichnen.

3. Die Eigenschaften der Schichtflächen als früherer Teile der Lithosphärenoberfläche haben eine große allgemeine Bedeutung. Dach- und Sohlflächen zeigen charakteristische Unterschiede.

4. Nach der primären, im allgemeinen nicht durch geneigte Unterlage, sondern durch den Ablagerungsakt geschaffenen Neigung der Schichten lassen sich zwei große Gruppen von Schichtungen unterscheiden: 1. Die (normalen) konkordanten Parallelschichtungen und 2. die (diskordanten) Schrägschichtungen.

5. Die für die meisten Schrägschichtungen typischen, in der Regel mit Abtragung verbundenen Diskordanzen sind als »Schichtungsdiskordanzen« scharf von allen übrigen Diskordanzen zu unterscheiden.

6. Eine typische Schrägschichtung ist die Übergußschichtung in der Umrandung von Riffbildungen. Die Übergußschichtung kann auch als »detritogene Schrägschichtung« bezeichnet werden, im Gegensatz zur »biogenen Schrägschichtung«, welche in Riffbildungen durch periodisches Wachstum der benthonischen Lebewelt entsteht.

7. Entgegen der hauptsächlich durch J. WALTHER vertretenen Anschauung, daß Schichtung nicht durch Unterbrechung des Absatzes, sondern durch einen Wandel der Fazies bedingt sei, muß der alten »Unterbrechungstheorie« für viele Fälle doch Recht gegeben werden, insbesondere auch für solche, in denen die Sedimentationsunterbrechung ohne Änderung des Sedimentationsmediums vor sich ging. Die Hauptmasse der Schichtungen geht jedoch entsprechend der von WALTHER gegebenen Erklärung auf Änderung der lithogenetischen Bedingungen zurück. In gewissen Fällen (bei den »symmetrischen Repetitionsschichtungen«) wird man lieber nur von Gesteinswechsel innerhalb einer Fazies, nicht von Fazieswechsel sprechen.

8. Für die Entstehung von Schichtung durch den Wechsel der lithogenetischen Bedingungen ist JOH. WALTHERS »Gesetz von der Korrelation der Fazies« von größter Bedeutung.

9. Bei »direkter Schichtung« (J. WALTHER) fällt die definitive Schichtung mit dem Ablagerungsakt zusammen. »Indirekte Schichtung« kann durch Wiederaufwühlung und Saigerung nach der Schwere usw. bei Wiederabsatz entstehen. Ein anderer Fall »indirekter Schichtung« liegt vor, wenn gewisse Gesteinselemente (Gerölle z. B.) infolge ihrer Schwere durch eine plastische Unterlage durchsinken und so an eine durch die lithogenetischen Absatzbedingungen nicht vorgeschriebene Stelle gelangen. Hierbei wird das »Gesetz von der Korrelation der Fazies« verletzt.

10. Entstehung von Schichtung durch Sedimentationsunterbrechung hinterläßt besondere Anzeichen auf den Schichtflächen und ist vielfach mit Abtragung bereits gebildeten Gesteins verbunden. Es gibt mindestens 4 verschiedene Arten von subaquatischen (submarinen) Sedimentlücken.

11. Entstehung von Schichtung durch den Wechsel der lithogenetischen Bedingungen kommt auf sehr mannigfaltige Art zustande. Periodische Klimaänderungen und Krustenbewegungen, welche PHILIPPI für Schichtung am Boden der heutigen Tiefsee und in früheren Geosynklinalen heranzog, genügen nicht für die von ALB. HEIM sogenannten »Repetitionsschichtungen«. Mit diesem Autor wird für dieselben ein Pendeln um eine chemische oder organochemische Gleichgewichtslage angenommen. Die von HEIM beschriebenen Repetitionsschichtungen sind »symmetrische Repetitionsschichtungen« zu nennen.



Von ihnen sind scharf die »periodischen Repetitionsschichtungen« zu unterscheiden, welche nicht durch Schwankungen um eine Gleichgewichtslage erklärt werden können, sondern auf Jahreszeiten oder andere periodisch sich ändernde Faktoren, deren Wirkung gleichzeitig repetiert wird, zurückgehen müssen. »Repetitionsschichtung ohne Gesteinswechsel« (HEIM) gehört zu den symmetrischen Repetitionsschichtungen und entsteht durch repetierte Sedimentationsunterbrechung.

12. In einer Tabelle werden 7 verschiedene Arten Parallelschichtungen und 4 verschiedene Schrägschichtungen unterschieden.

13. Für jede der 11 unterschiedenen Schichtungsarten werden Beispiele angeführt.

14. Was die Neigung der Schrägschichten bei den Schrägschichtungen anbetrifft, so sind die Untersuchungen noch nicht weit genug vorgeschritten, um aus dem Neigungswinkel allein immer mit Sicherheit subaerische oder subaquatische Bildung zu folgern. Die Untersuchungen von AUERBACH und PIWOWAR sind in bestimmter Richtung fortzusetzen.

15. Bei »Diagonalschichtung« ist nicht Schichtung nach beiden Diagonalen erforderlich, wie WALTHER wollte, sondern fehlt in vielen Fällen sicherlich.

16. Unter der Bezeichnung »Kreuzschichtung« wurden bisher noch sehr verschiedene Typen zusammengefaßt, die wahrscheinlich verschiedene Entstehung haben. Alle »Kreuzschichtung« für äolisch entstanden zu erklären, wie GRABAU tut, ist weit übertrieben. Sichere Entscheidung im Einzelfall ist jedoch vorläufig noch schwierig.

17. Um einen Fortschritt in dieser Richtung zu erzielen, ist außer dem Fortgang entsprechender physikalischer Untersuchungen zu erwarten von seiten des Geologen: Genaue Untersuchung jeder ihm vorliegenden Schichtung auf ihre Zugehörigkeit zu den unterschiedenen Schichtungsarten, insbesondere bei den Schrägschichtungen: Feststellung der Böschungsverhältnisse (Maximalneigung, Anschmiegen an Unterlage), der Himmelsrichtung der Maximalneigungen, der Korngröße und Form der Komponenten, der Mächtigkeit und Verbandsverhältnisse der einzelnen Lagen. Es haben insbesondere auch aus den Publikationen solche oberflächlichen Angaben zu verschwinden wie »Sandsteine mit Kreuzschichtung« oder »diagonalgeschichteter Oolith«, unter denen kein Mensch sich etwas vorstellen kann.

Königsberg, 16. August 1915.

---

## Die Definitionen von Grauwacke, Arkose und Ton.

Von Wilhelm Salomon.

(Mit 1 Textfigur.)

Es ist eine alte Erfahrung, daß bei den häufig auftretenden Sedimenten keine auch nur annähernd so scharfen Definitionen der Gesteinsarten gebildet sind als bei den Erstarrungsgesteinen.

Unter Grauwacke, unter Tonschiefer, Ton, Letten usw. werden von den Feldgeologen die verschiedenartigsten Gesteine verstanden, und auch unsere Lehrbücher sind in dieser Hinsicht durchaus nicht einig. Das hängt zum großen Teil davon ab, daß die Petrographie sich Jahrzehnte lang ganz überwiegend nur mit den Erstarrungsgesteinen beschäftigte. Und das hing wohl wieder damit zusammen, daß unsere Technik, die es uns zwar leicht macht, Dünnschliffe von festen Gesteinen herzustellen, kein ähnlich bequemes und sicheres Verfahren zur Herstellung von ebenso leicht mikroskopisch zu untersuchenden Präparaten weicher Gesteine kennt.

In den letzten Jahrzehnten sind nun allerdings erfreuliche Ansätze zu einer gründlicheren petrographischen Erforschung der Sedimente gemacht worden. Man vergleiche darüber den sehr anregenden Aufsatz K. ANDRÉES in der Geol. Rundschau, V, S. 463 u. f. »Moderne Sedimentpetrographie, ihre Stellung innerhalb der Geologie, sowie ihre Methoden und Ziele«. Immerhin ist es wohl wünschenswert, daß diese Gebiete von den nicht sehr zahlreichen Geologen, die gründliche petrographische Kenntnisse besitzen, und von den ebenfalls nicht sehr zahlreichen Petrographen, die eine gründliche geologische Schulung im Felde errungen haben, weiter in Angriff genommen werden.

Bei zwei altbekannten Gesteinsnamen will es mir scheinen, als ob man mit einer genetischen Auffassung eine bessere Definition erzielen könne, als mit der bei ihnen bisher meist üblichen, ganz oder z. T. beschreibenden Art der Definition, — ich meine Arkose und Grauwacke. Das noch immer ausgezeichnetste Handbuch der Gesteinskunde, ZIRKELS zweite Auflage seiner Petrographie, schreibt von der Arkose: »Arkose ist ein aus der Zerkleinerung von Graniten, auch wohl Gneisen hervorgegangenes hellfarbiges Schuttgestein, ein Feldspat-Quarz-Glimmersand«. Diese Definition scheint mir die Genesis nur unvollständig zu schildern und der Mannigfaltigkeit der Ausbildung der Arkosen nicht gerecht zu werden. (Bd. III, S. 651.)

Hinsichtlich der Grauwacken ist von verschiedenen Autoren die Ansicht ausgesprochen worden, daß der Name am besten ganz aufzugeben sei<sup>1)</sup>. Andere Autoren bemühen sich durch Hervorhebung

<sup>1)</sup> v. DECHEN, Korrespondenzblatt Verhandl. Naturhist. Verein f. d. Rheinlande u. Westf. 1879, S. 50. — KLEMM, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges., 34, 1882, S. 804.



einzelner Mineral- oder Gesteinskomponenten einen Unterschied gegenüber den Sandsteinen zu finden. (C. F. NAUMANN, Lehrbuch der Geognosie, Leipzig 1850, I, S. 697, ROSENBUSCH, El. II, 1901, S. 408, ZIRKEL, a. a. O., S. 740). NAUMANN sagt dabei allerdings schon: »Der an und für sich verwerfliche Name Grauwacke ist nun einmal aus der Sprache des Harzer Bergmanns in die Wissenschaft übergegangen, und wird zur Bezeichnung dieser eigentümlichen psammitischen Gesteine der ältesten Sedimentformationen gebraucht, weshalb er denn nicht nur eine petrographische, sondern auch eine bathrologische Bedeutung hat. Bis man sich über eine andere Benennung vereinigt hat, muß er wohl beibehalten werden.« G. LINCK hat in seinen Gesteinstabellen (Jena 1906, II. Aufl., S. 6) in, wie mir scheint, richtiger Erkenntnis, Arkosen und Grauwacken dicht nebeneinander gestellt, die Arkosen aber nur wegen ihres Feldspatgehaltes von den Sandsteinen getrennt und die Grauwacken als Feldspat-führende Konglomerate aufgefaßt. K. WALTHER hat in einer wertvollen, auf LINCKs Veranlassung durchgeführten »petrographischen Untersuchung einiger klastischer Gesteine aus dem Paläozoicum des rheinischen Schiefergebirges« (Z. d. Deutsch. geol. Ges. 1907, S. 417—438) den Grauwacken und Arkosen besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Er kommt zu dem Ergebnis, daß es notwendig ist, die Feldspat-führenden klastischen Gesteine (Arkosen bzw. Grauwacken) von den Sandsteinen zu unterscheiden, scheint mir aber die Arkosen nicht so deutlich von den Grauwacken trennen zu wollen oder zu können, daß sich deren Unterscheidung lohnte. Bemerkenswert ist, daß er beide für »im allgemeinen litorale Bildungen« hält. Er zeigt, daß zahlreiche in der geologischen Literatur als Grauwacken bezeichnete Gesteine in Wirklichkeit gewöhnliche Sandsteine sind. RINNE (Gesteinskunde, IV. Aufl., Leipzig 1914, S. 251) versteht unter Grauwacke »eine Art Bindeglied zwischen Breccien, Konglomeraten und Sandsteinen«. Von den Arkosen hebt er hervor, daß sie »aus Feldspat, Quarz und Glimmer, also den Trümmern von Granit oder Gneis« mit einem meist spärlichen Bindemittel bestehen und aus Granit- oder Gneisgrus entstanden seien. Ganz ähnlich hat auch ROSENBUSCH in seinen Elementen (II. Aufl., 1901, S. 408) die Arkosen als »regenerierte Granite« aufgefaßt. Es scheint mir nicht möglich zu sein, auf Grund dieser verschiedenartigen Definitionen zu einem klaren Begriff der beiden Gesteinsgruppen zu kommen, es sei denn, daß man den Namen »Grauwacke« überhaupt fallen läßt und Arkosen einfach als Feldspat-Sandsteine den gewöhnlichen Sandsteinen gegenüberstellt. Ich hoffe aber im folgenden zu zeigen, daß das weder notwendig noch empfehlenswert ist.

Stellen wir uns ein Gebiet vor, in dem Granite oder Gneise, Quarzdiorite oder Quarzporphyre, Liparite oder ähnliche Gesteine intensiver mechanischer oder chemischer Verwitterung ausgesetzt sind. Nehmen wir ferner an, daß in diesem Gebiet nur in einer bestimmten Jahres-



zeit stärkere Regengüsse stattfinden mögen — die Folge wird sein, daß die im Hauptteil des Jahres entstandenen Gesteinsgruse von den Hängen der Höhen in die Senken und Täler hinuntergespült werden, aber keine weite Verfrachtung erfahren. Es werden sich also in den Senken und Mulden im Laufe der Zeit mächtige, undeutlich geschichtete Massen von Feldspatkörnchen, bzw. Kaolin, von Muscovit, Chlorit, Quarz und anderen Verwitterungsprodukten der genannten Gesteine aufhäufen. Das Korn dieser Massen wird im allgemeinen nicht sehr fein sein; größere, nur schwach gerundete Brocken der betreffenden Gesteine werden häufig den einzelnen Schichten in ganz unregelmäßiger Verteilung eingelagert werden. Ist das Klima trocken, so können die größeren Brocken als Windkanter entwickelt sein. (Rotliegendes von Schramberg, Baden-Baden, dem Kyffhäuser). Verfestigen sich die lockeren Massen, so haben wir genau das, was wir als Arkosen bezeichnen. Diese Gesteine sind also Grusmassen Feldspat- und Quarzführender Erstarrungsgesteine, bei denen eine Sonderung der einzelnen Materialien nicht erfolgt ist, weil die Dauer ihres Transportes nicht groß genug war<sup>1)</sup>. Es ergibt sich leicht für sie eine Scheidung nach den Gesteinen, aus denen sie hauptsächlich entstanden sind und Ausdrücke wie Granitarkose, Porphyrarkose usw. bzw. feinkörnige, grobkörnige und Trümmerarkose sind nun ohne weiteres verständlich.

Ein genaues Analogon zu dieser Art der genetischen Auffassung der Arkosen liefern die Grauwacken. Ersetzen wir im Ursprungsgebiet der Arkose die vorher aufgeführten verwitternden Erstarrungsgesteine durch vorherrschende Tonschiefer und Sandsteine, eventuell mit untergeordneten Kieselschiefern, sowie unter Umständen auch noch anderen Gesteinen, und unterwerfen wir dieses Ausgangsgebiet denselben Vorgängen, die wir für die Arkosen vorausgesetzt haben, so entsteht ein Gesteinsgrus, in dem fein zerriebene Tonschiefer und größere Bröckchen von ihnen, Quarzkörnchen und Körnchen sowie Bruchstücke der untergeordneten Gesteine die ganze Masse zusammensetzen. Eine derartige nur schwach verfrachtete Grusmasse wird bei der Verfestigung zu dem, was wir Grauwacke nennen. Und so erklärt sich mühelos, warum der eine Verfasser bei der Definition der Grauwacke eine brecciöse Struktur voraussetzt, der andere besonderen Wert auf die Beteiligung von Tonschieferstückchen legt, und wieder andere noch abweichende Definitionen geben.

---

<sup>1)</sup> Ziemlich gut mit dieser Auffassung stimmt die Definition des anonymen Verfassers (»H.«) in Heft 21/22 des Steinbruch vom 31. Mai 1915 überein (S. 142). »Man kann im allgemeinen sagen, daß die Arkose aus wenig weit transportiertem Granit- oder Gneisgrus besteht, der durch ein kieseliges Bindemittel verkittet ist.« Ich kenne aber Arkosen ohne kieseliges Bindemittel; und es sind nicht bloß Granit und Gneis, die Arkosen liefern. In Heidelberg sind die Arkosen stellenweise »Porphyrarkosen«.



Für mich ist Grauwacke ein schwach transportierter Gesteinsgrus eines hauptsächlich aus Tonschiefer und Sandstein, untergeordnet aus beliebigen anderen Gesteinen, zusammengesetzten Verwitterungsgebietes. Es ist dabei auch ohne weiteres klar, daß Arkosen und Grauwacken durch Übergänge verbunden sein können. Natürlich will ich nicht bestreiten, daß der schwache Transport der Grauwacken und Arkosen unter Umständen auch im Meere in der Nähe einer Küste erfolgt ist. Man hat eben zwischen marinen und kontinentalen Grauwacken bzw. Arkosen zu unterscheiden.

Verfolgen wir die Schicksale derartiger Verwitterungsprodukte auch bei einem weiteren durch süßes Wasser erfolgenden Transporte, so ist es klar, daß auf dem Wege, wenn wir von selteneren Seifen-bildenden Mineralien absehen, zuerst reichlich die Quarzkörnchen zum Absatz kommen werden. Denn sie werden höchstens mechanisch zerkleinert und leisten auch dieser Zerkleinerung einen starken Widerstand infolge ihrer Härte. Bei abnehmender Transportkraft des süßen Wassers<sup>1)</sup> werden sich mit den Quarzkörnchen zusammen allmählich auch erhebliche Massen von Glimmerblättchen und Chloritblättchen zu Boden senken, und es wird ein Mischsediment von Quarz mit diesen blättchenförmigen Gemengteilen entstehen. Bei noch weiterem Transport und sinkender Tragkraft des Wassers vermindert sich der Anteil der groben Quarzkörnchen zusehends; und zusammen mit den blättchenförmigen Mineralien werden nun erhebliche Mengen von feinstem Gesteinsmehl, d. h. dem Material, das die Petrographie meist schlechtweg als Ton zu bezeichnen pflegt, abgelagert. Gehen wir noch einen Schritt weiter, so tritt der grobe Quarz ganz zurück und wir bekommen fast ausschließlich das feinste Gesteinsmehl mit jetzt auch der Menge nach zurücktretenden sehr kleinen Blättchen von Glimmer und Chlorit.

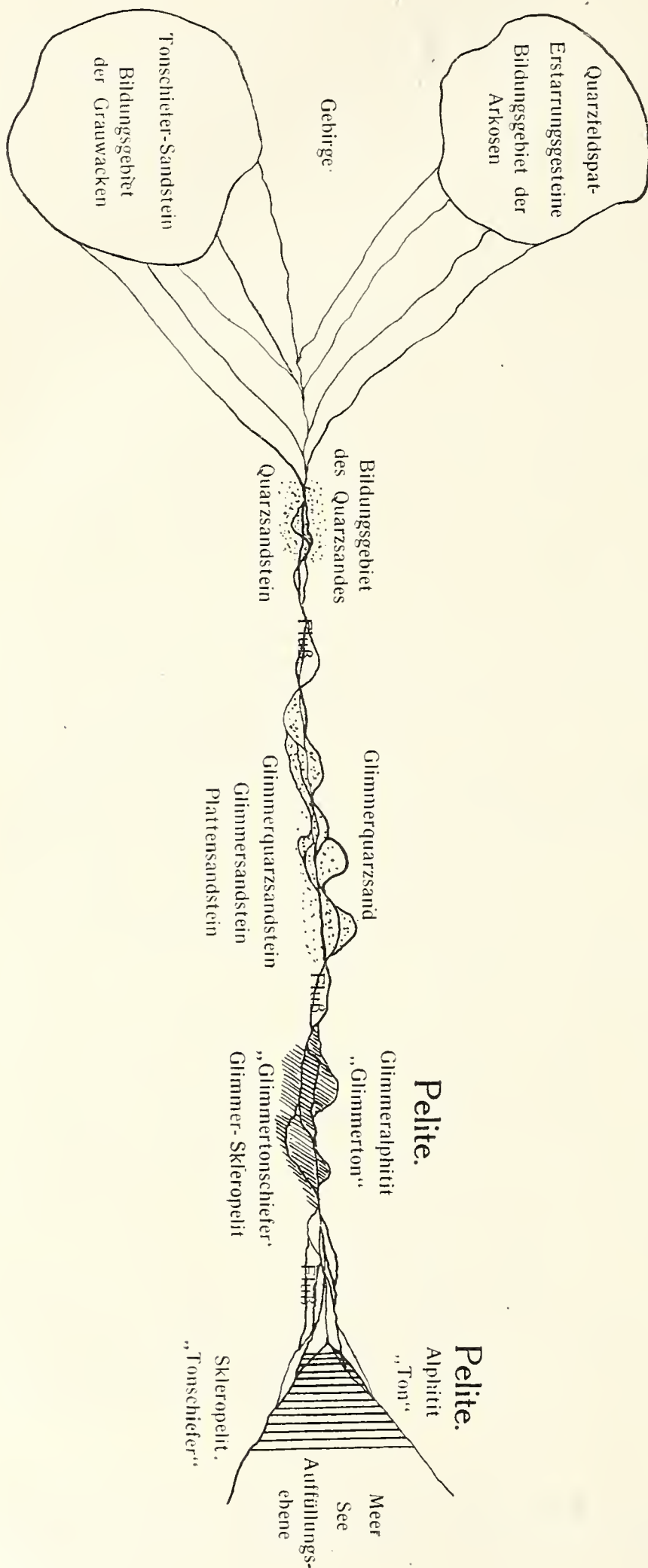
Die geschilderten Ablagerungen nennen wir im lockeren Zustand der Reihe nach Quarzsand, glimmerreichen Quarzsand, Glimmerton, Ton. Verfestigen sie sich, so heißen sie Quarzsandstein, Glimmerquarzsandstein oder Glimmersandstein bzw. Plattensandstein, (da die parallel abgesetzten Blättchen fast stets eine ausgesprochene primäre Schieferung und damit eine Plattung des Gesteins erzeugen).

Das nächste Material im verfestigten Zustand ist ein Glimmertonschiefer, das letzte Tonschiefer. Wir bekommen somit eine genetische Reihe, die von dem Ausgangsgebiet je nach seiner Natur entweder durch Arkosen oder durch Grauwacken hindurchführt zum Quarzsandstein, zum Plattensandstein und zum Ton<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Im Meerwasser schlagen sich bekanntlich auch die feineren suspendierten Teilchen so rasch zu Boden, daß in der Regel die feine Trübe zusammen mit den größeren Körnchen sedimentiert.

<sup>2)</sup> Um Mißverständnissen vorzubeugen, hebe ich hervor, daß mir sehr wohl bekannt ist, daß Gefällsänderungen oder Änderungen in der Wassermenge Unregelmäßigkeiten erzeugen. Es handelt sich aber hier nur darum, ein Schema zu geben.

Aus der geschilderten Betrachtung ergibt sich aber ohne weiteres noch ein anderes Resultat. Das was wir Ton nennen, braucht gar nichts mit dem mineralogisch - petrographischen Begriff »Ton« zu tun zu haben<sup>1)</sup>. Es handelt sich einfach um die allerfeinsten Gesteinsmehle; und alle diese Gesteinsmehle haben bestimmte physikalische Eigenschaften gemeinsam, und werden daher als Ton, nämlich als verunreinigter Kaolin oder als ein Gemenge von diesem mit den zu ihm gehörigen Gelen aufgefaßt. Aber jeder Techniker unterscheidet zwischen fetten und mageren, zwischen plastischen und nichtplastischen Tonen. Er weiß, daß einige Tone ein vortreffliches Material für feuerfeste Steine liefern, andere nicht. Es ist nur sehr schwer festzustellen, worauf diese Unterschiede in dem Verhalten der »Tone« beruhen. Sobald man sich klar macht, daß »Ton« ein Sammelbegriff für alle möglichen und auf die verschiedenartigste Weise zusammengesetzten Gesteinsmehle ist, wird es uns nicht mehr wundern, daß sich die einzelnen »Tone« ganz verschieden verhalten. Beim Löß, der nichts anderes ist als feinstes Gesteinsmehl, das



<sup>1)</sup> Man denke z. B. an die »Bändertone« der glazialen Stauseen, deren Material feinste Gletschermilch-Trübe, also mechanisch fein zermahlene, aber sicher nur ganz selten chemisch verwittertes Mineralpulver ist.



durch Wind verfrachtet wurde, sind wir durch die äußerst sorgfältigen Untersuchungen von SAUER und anderen sehr genau über die mineralogischen Komponenten des Materials unterrichtet. Ähnliche Untersuchungen in großer Zahl werden nötig sein, um eine Klassifikation der »Tone« zu geben. Erfreuliche und vielversprechende Ansätze in dieser Richtung sind bereits gemacht. Ich nenne besonders G. LINCKS Aufsatz: Über den Chemismus der tonigen Sedimente (Geol. Rundschau, IV, 1913, S. 289), der auch die ältere Literatur auführt. In derselben Richtung wirkt auch die umfangreiche moderne Literatur über die in den »Tonen« vorhandenen Gele. (STREMME<sup>1</sup>), ENDELL, CORNU und viele andere). Jedenfalls sind wir jetzt doch so weit, daß wir innerhalb der Gruppe der sogenannten »Tone« zwei ganz verschiedene Abteilungen zu unterscheiden suchen sollten, die eine, die wirklich wesentlich aus kristallisiertem Kaolin bzw. Tonerde-Kieselsäuregelen besteht, die andere, die der Hauptsache nach aus mechanisch feinerriebenen primären kristallisierten Silikaten und anderen Gemengteilen der ursprünglichen Gesteine besteht. Die letztere Abteilung hat aber gar nichts mit dem mineralogischen Begriff »Kaolin« oder mit dem petrographischen Begriff »Ton« zu tun. Sie umfaßt einfach die feinen Gesteinsmehle. Daraus erklärt sich nun auch die in LINCKS erwähnten Untersuchungen dargestellte Mannigfaltigkeit der chemischen Zusammensetzung der »Tone« und der hauptsächlich aus ihnen hervorgehenden »Tonschiefer«. Diese letzteren verdienen aber ihren Namen noch viel weniger als die »Tone«. Sie sind wirklich »lucus a non lucendo«; und es wäre auch für den Unterricht sehr erfreulich, wenn man den irreführenden Namen »Tonschiefer« endlich einmal abschaffte. Merkwürdigerweise hatte nun der viel zu selten berücksichtigte C. F. NAUMANN vor vielen Jahrzehnten bereits diese Verhältnisse in dem wesentlichsten Punkte erkannt. Er nannte darum alle klastischen Gesteine von sehr feinem Korn »Pelite« und unterschied ganz zutreffend zwischen den rein auf mechanischem Wege durch Zerkleinerung entstandenen Peliten und den durch chemische Zersetzung gebildeten. Diese letzteren nannte er »dialytische« oder »limmatische« Gesteine<sup>2</sup>). ZIRKEL (a. a. O. Bd. I, S. 504) scheint mir der einzige Autor zu sein, der in neuerer Zeit diese Unterscheidung benützte. Und doch hat sie eine ebenso große theoretische wie praktische Bedeutung. Denn seine dialytischen Pelite entsprechen sehr genau dem, was man mit Recht als »Ton« bezeichnet, während wir allerdings keinen Namen haben, der die durch mechanische Zerkleinerung entstandenen Pelite kennzeichnen würde. Ich schlage daher vor, für alle klastischen Gesteine von feinstem Korn, solange ihre besondere Beschaffenheit nicht festgestellt ist, wieder den alten, z. Z. nur in den Lehrbüchern aufgeführten NAUMANNschen Namen »Pelit«

<sup>1</sup>) Über Feldspatresttone und Allophantone. Monatsber. D. geol. Ges., 1910, S. — 122 — usw.

<sup>2</sup>) Man vergleiche z. B. Lehrbuch der Geognosie, Bd. I, S. 723 (Leipzig 1850).

zu gebrauchen, unter den Peliten aber nach Möglichkeit zwischen den echten durch Zersetzung entstandenen »Tonen« (NAUMANN'S dialytischen Peliten) und den durch mechanische Zerreibung entstandenen Gesteinsmehlen zu unterscheiden. Und um für diese einen kurzen Namen zu haben, schlage ich die Bezeichnung »Alphitit« von *ἄλφιτον*, das Mehl, vor. Hierher dürften also z. B. die meisten glazialen Bändertone, sowie die Löss gehören. Auch die Mergel werden hier zum Teil einzureihen sein. Entsteht aus Ton oder Alphitit durch Metamorphose ein »Tonschiefer«, so dürfte es zweckmäßig sein, dafür »Skleropelit« (von *σκληρός* hart) zu sagen. Denn Ton enthält er fast nie. Aber es wird sehr schwer festzustellen sein, ob er aus Ton oder aus einem Alphitit hervorgegangen ist; und so ist das Bedürfnis nach einem allgemein verwendbaren Namen vorhanden.

Ich gebe mich nicht der Hoffnung hin, daß meine neuen Definitionen rasch durchdringen werden, es sei denn, daß die Herren Kollegen, die Lehrbücher herausgeben, sich freundlicher Weise der Sache annehmen wollten. Der Feldgeologe hat eine große und nicht leicht zu überwindende Abneigung gegen neue petrographische Namen, auch wo sie wohl wirklich nötig sind. Dennoch halte ich es für wichtig, wenigstens den Versuch zur Verbesserung der z. T. sehr veralteten und unscharfen Sedimentnamen zu machen; und soviel erscheint mir sicher, daß die hier vorgeschlagenen Definitionen von Ton, Alphitit, Skleropelit, Grauwacke und Arkose, weil sie sich im wesentlichen auf die Genesis der betreffenden Gesteine stützen, klarer und leichter zu behalten sind als rein beschreibende, und daß sie außerdem das Verständnis der physikalischen und gelegentlich sogar der allgemein klimatischen Umstände bei der Bildung der Gesteine erleichtern. Wer bei »Arkose« an ein nur schwach transportiertes klastisches Material denkt, ist sofort geneigt, die klimatische oder topographische Ursache des Fehlens eines weiten Transportes zu erforschen. Für wen »Arkose« nur ein »Quarzglimmerfeldspatsandstein« ist, braucht überhaupt garnicht über ihre Bildungsbedingungen nachzudenken.

Die beistehende Figur zeigt schematisch die topographische Anordnung der Bildungsgebiete der einzelnen hier besprochenen Gesteine.



## II. Besprechungen.

---

### **Die neue kolloidchemische Forschungsrichtung in der Bodenkunde in ihrer Beziehung zur Geologie.**

Von **E. Blanck** (Rostock).

Die Anfänge der Kolloidchemie liegen weit zurück, sie sind aufs engste mit dem Namen THOMAS GRAHAM verknüpft, der als erster das Studium der Kolloide in Angriff nahm. Für ihn war der Leim der Typus aller Kolloide. Seit jener Zeit hat sich jedoch die Auffassung vom Wesen der Erscheinung sehr gewandelt, und es ist nicht viel von der ursprünglichen Erklärungsweise der kolloidchemischen Vorgänge, insbesondere des »kolloidalen Zustandes« der Materie übriggeblieben. Für die bodenkundliche Forschung wurde die Kolloidchemie durch die Arbeiten J. M. VAN BEMMELENS von weittragender Bedeutung. Doch wie so häufig, so auch hier, gerieten jene grundlegenden Untersuchungen in Vergessenheit, oder besser gesagt, sie gelangten zunächst überhaupt nicht zur Anerkennung, da sie zur Zeit ihrer Veröffentlichung aus Mangel an Verständnis seitens der Fachgenossen unbeachtet blieben, denn sie eilten ihrer Zeit weit voraus. Erst 20 Jahre später wurden sie, fast angestaunt als neue Offenbarung, der Vergessenheit entrissen, denn inzwischen hatte sich die reine kolloidchemische Forschung so weit durchzuringen vermocht, daß ihre Entdeckungen und Anschauungen imstande waren, die Denkungsweise, wenn auch nur eines kleinen Teils der Agrikulturchemiker und Bodenkundler zu beeinflussen. Ein ähnliches, unverdientes Schicksal teilten mit den Untersuchungen VAN BEMMELENS diejenigen TH. SCHLOESINGS d. Ä., die gleichfalls die kolloiden Eigenschaften gewisser Bodenbestandteile erkannten und in ihrer Bedeutung für die Beschaffenheit des Bodens gerecht wurden. Den jetzigen hohen Entwicklungsstand der Kolloidchemie vermögen wir dagegen wohl am besten wiederzugeben durch den Hinweis auf die Arbeiten P. P. V. WEIMARNS, H. FREUNDLICHs, Wo. OSTWALDS, A. LOTTERMOSERS, R. ZSIGMONDYS und anderer. Ihren Feststellungen in Gemeinschaft mit den zurückliegenden Untersuchungen VAN BEMMELENS verdankt die neuzeitliche Bodenkunde, indem sie dieselben auf ihre eigenen Probleme anwandte und übertrug, die Entwicklung einer besonderen kolloidchemischen Forschungsrichtung, welche Richtung sich ganz besonders auf gewisse Teile der Gesamtwissenschaft vom Boden fruchtbar erweisen

mußte, da sich diese für die kolloidchemische Behandlungsweise äußerst geeignet zeigten. Die allgemeine Aufmerksamkeit seiner Fachgenossen lenkte sodann P. EHRENBERG (1) auf die Behandlung bodenkundlicher Fragen vom kolloidchemischen Standpunkt, wenn damit auch nicht gesagt sein soll, daß dieser Forscher als einer der ersten in genannter Richtung experimentell tätig gewesen wäre, wie dieses unter anderen die Arbeiten B. SJOLLEMAS (2) und P. ROHLANDS (3) dartun.

Es wurde soeben kurz angedeutet, daß gewisse bodenkundliche Prozesse als besonders geeignet für eine kolloidchemische Behandlungsweise zugänglich wären. Es sind dieses namentlich diejenigen Vorgänge, die zur Entstehung des Bodens führen, also die Verwitterung, denn sie spielt sich an der Grenzfläche flüssig-fest ab, und das Produkt ihrer Wirkungsweise sind z. T. kolloide Gebilde, nämlich Gele, worauf unter anderen F. CORNU (4) wiederholt und mit Recht hingewiesen hat. Daran anschließend fallen die Erscheinungen der sog. Bodenadsorption in das Reich kolloidchemischer Reaktionen. Außer VAN BEMMELENS grundlegenden Arbeiten haben hier in neuerer Zeit die Untersuchungen von J. H. ABERSON (5), J. D. HISSINK (6), P. ROHLAND (7), G. WIEGNER (8), E. A. MITSCHERLICH (9) namentlich klärend gewirkt und wenn auch noch kein endgültig feststehendes Bild, so doch eine vertiefende Erkenntnis geschaffen. Der Streit um die sog. »Bodenzeolithe« hat sodann gleichfalls fördernd auf die Auffassung von der Beschaffenheit anorganischer Bodenkonstituenten gewirkt und für jene wichtigen, den Basenaustausch im Boden verursachenden Substanzen, die kolloide Natur mindestens als sehr wahrscheinlich gemacht. Außer den eben genannten Forschern haben sich hieran R. GANS (10), A. v. SIGMOND (11), E. BLANCK (12) und andere beteiligt. Während die kolloide Beschaffenheit eines Teils des im Boden vorhandenen Tons schon seit den Anfängen kolloidchemischer Denkungsweise feststand, haben die neueren Untersuchungen auch kolloide Kieselsäure, kolloides Eisenhydroxyd, kolloide Tonerde und Humuskolloide, sowie erstere in Verbindung mit letzteren als im Boden anwesend erkannt. Hier haben sich namentlich die kolloiden Humussäuren für die Betrachtung und Erforschung vieler Verwitterungsvorgänge einschließlich die der Ortsteinbildung als außerordentlich fruchtbar erwiesen. Das Humussäureproblem knüpft sich an die Namen A. BAUMANN und E. GULLY (13), BR. TACKE und H. SÜCHTING (14), P. EHRENBERG und F. BAHR (15), TACKE, DENSCH und AHREND (16), SVEN ODEN (17), A. RINDELL (18) und G. FISCHER (19), um nur einige der vielen Forscher zu nennen, die in neuester Zeit das alte nie ganz ruhen gebliebene Humussäureproblem wieder ins Rollen gebracht haben mit dem Ergebnis der Erkenntnis von der Säurenatur dieser aus organischen Kolloiden aufgebauten Stoffmenge. Durch alle bisher genannten Arbeiten wurde die Auffassung von der zum Teil kolloiden Beschaffenheit der Bodenbestandteile befestigt und damit ein weites Feld für die Anwendung kolloidchemischer Betrachtungsweise der sich im Boden



vollziehenden Prozesse angebahnt. Doch nicht nur für den Boden allein gewann diese Auffassung Geltung, sie mußte sich naturgemäß auch auf die Gesteine, die das Ursprungsmaterial der Böden darstellen, übertragen und daher in der Lehre von der Verwitterung besonders zum Ausdruck kommen. Und in der Tat sind die neueren Untersuchungen auf diesem Gebiet stark durch jene Anschauungen beeinflußt. Hiervon legen unter anderen die Arbeiten H. STREMMES (20), R. v. D. LEEDENS (21), P. VAGELERS (22), B. AARNIOS (23), E. BLANCKS (24), G. LEOPOLDS (25), J. D. HISSINKS (26) und von H. NIKLAS (27) Zeugnis ab, vor allen Dingen aber J. M. VAN BEMMELENS (28) letzte seiner Veröffentlichungen betreffend das Wesen der Verwitterung der Silikatgesteine.

Wenn in den voraufgegangenen Zeilen lediglich des Einflusses gedacht wurde, den die Kolloidchemie auf die chemischen Vorgänge der Bodenbildung und Umwandlung ausgeübt hat, so soll damit nicht etwa der Standpunkt vertreten sein, daß ein Einfluß ihrerseits auf die physikalischen Verhältnisse nur gering oder in untergeordnetem Maße erfolgt wäre. Im Gegenteil erweist sich ein solcher als ganz besonders auffällig, doch tritt derselbe insofern für unsere Betrachtung zurück, als sich die hierdurch in Mitleidenschaft gezogenen Verhältnisse und Veränderungen des Bodens mehr auf rein bodenkundlichem Gebiet oder einem Teilgebiet der Bodenkunde bewegen, welches weniger enge Beziehungen zur Geologie aufweist, als die vorher berührten Punkte, die zumeist direkt als geologische Vorgänge anzusprechen sind. Dennoch zeigen sich die durch die Ausflockung von Tonen oder von sonstigen feinen Bodenbestandteilen bedingten physikalisch-chemischen Phänomene, mit denen die bodenkundliche Forschung viel zu tun hat, nur graduell verschieden von den Vorgängen der Gesteinssedimentation bei der Bildung der Schichtgesteine und sind sie daher geeignet, auch auf diese Prozesse Licht zu werfen. Es kann hier nicht unsere Aufgabe sein, aller derjenigen Untersuchungen zu gedenken, die sich mit der Veränderung des physikalischen Bodenzustandes unter Zuhilfenahme kolloidchemischer Erfahrungen und Theorien beschäftigt haben. Ihre Zahl ist zu umfangreich und ihr Wert nach obigem für die vorliegenden Erörterungen doch nur bedingt. Immerhin sei der Einfluß hervorgehoben, den die verschiedenen Naturkräfte vor allem die Witterung in Gestalt von Frost, Niederschlägen aller Art, Sonnenschein, Wärme, Trockenheit und Wind auf den physikalischen Zustand und auch bei der Entstehung des Bodens ausüben, da die gleichen Kräfte im gleichen Sinne an der Sedimentgesteinsbildung und an der Bildung der sog. Trümmergesteine beteiligt gewesen sein dürften. Zu diesen Kräften gesellt sich schließlich noch die Einwirkung der Pflanze auf die Bodenkolloide, welcher Einfluß gleichfalls von geologischer Bedeutung sein kann.

Bedenken wir, daß die Verwitterung ein Vorgang ist, der seiner Natur nach in der chemischen und dynamischen Geologie Behandlung zu finden hat, und daß ferner die Absorptionserscheinungen seit jeher



von den Geologen zu den Prozessen der sog. komplizierten Verwitterung gerechnet worden sind und außerdem die im vorigen Absatz berührten Vorgänge bodenphysikalischer Art bei der Entstehung und Bildung gewisser Gesteine ganz entschieden von Bedeutung sein müssen, so erhellt ohne weiteres, daß die von den Geologen bisher meist recht stiefmütterlich behandelten Probleme chemisch-geologischer Art durch die neue kolloidchemische Forschungsrichtung in der Bodenkunde großen Nutzen zu ziehen imstande sein dürften. Schließlich besagt zudem die Verwertung von Feststellungen der sich im Boden vor unseren Augen abspielenden und sich dort als gültig erwiesenen Vorgänge auch auf solche der Gesteinsbildung nichts anderes, als das Beschreiten eines seitens der Geologie schon erfolgreich benutzten Weges, nämlich die Befolgung »ontologischer Forschungsmethode«.

Kann infolgedessen einerseits der Wert bodenkundlicher Erkenntnis für gewisse Zweige der Geologie nicht in Abrede gestellt werden, so muß es andererseits von Interesse sein, näheres über die bisher von der Bodenkunde durch die Heranziehung kolloidchemischer Behandlungsweise gewonnenen Fortschritte zu erfahren, natürlich unter dem Gesichtspunkt der Berücksichtigung nur dessen, was für geologische Fragen von Bedeutung sein kann. Hierfür bietet das jüngst von P. EHRENBURG (29) herausgegebene Werk »Die Bodenkolloide« eine willkommene Gelegenheit, insofern nämlich der Verf. dieses für die Erkenntnis der Bodenkolloide grundlegenden Werkes bemüht gewesen ist, alles zusammenzustellen und zu sichten, was bisher über die Kolloide des Bodens und über ihre Wirkungsweise nach jeder Richtung hin bekannt geworden ist. Diesem Buche ist sehr vieles für den gedachten Zweck zu entnehmen, und eignet es sich besonders aus dem Grunde dafür, weil EHRENBURG für seine Darstellung nur diejenigen Ergebnisse kolloidchemisch-bodenkundlicher Forschung benutzt hat, die ein im großen und ganzen abgerundetes, wenn auch noch nicht endgültiges Urteil zulassen, so daß wenigstens einer allzu hypothetischen Behandlung des Stoffes vorgebeugt wurde, was besonders für denjenigen Leser von Wert sein muß, der sich nicht eingehend mit den theoretischen Grundlagen befassen kann.

Wir wollen den ausführlichen Darlegungen EHRENBURGS über die Natur der Bodenkolloide und deren Eigenschaften nur folgendes über die Beschaffenheit des Tons entnehmen, um sogleich zu erkennen, welche Folgen die kolloidchemische Betrachtungsweise dieses für die Sedimentgesteine gleichfalls so wichtigen Stoffes auch auf die Behandlung geologischer Fragen in genannter Richtung haben muß, indem sie ganz unzweifelhaft eine weit tiefere Erkenntnis und damit die Möglichkeit einer umfangreicheren theoretischen Erklärung aller in Verbindung mit dem Ton stehender Eigenschaften und Erscheinungen bietet. Sich stützend auf TH. SCHLOESINGS d. Ä., E. A. HILGARDS und W. R. WILLIAMS Auffassung und Untersuchungen gelangt der Autor zu dem Ergebnis, den Ton als ein Gemisch feiner und feinsten Sande, umgeben mit geringen



Mengen von Kolloidton, anzusehen. Und zwar werden die einzelnen feinen Sandteilchen als von einer Hülle kolloiden Tons umschlossen erkannt, wodurch das Gemisch die Eigenschaften der Tröpfchenkolloide, also etwa die des Leims, des Stärkekleisters oder des Wasserglases erhält. In diesem Gemenge sind die Übergänge von etwas gröberem Sand bis zum feinstverteilten Kolloidton stetig und allmählich, und die Möglichkeit der kolloiden Form des einen Bestandteils des Tons ist durch chemische Ursachen zu erklären, sei es, daß nach Erreichung einer gewissen weitgehenden Kleinheit der Einzelteilchen die Löslichkeiten einen starken und wechselnden Einfluß ausüben, oder sei es, daß unter den Verhältnissen im Boden überhaupt wesentlich nur gewisse Aluminiumsilikate in kolloider Form längere Zeit beständig sind. Demnach sind die verschiedenen ineinander übergehenden Größengruppen nicht von derselben chemischen Zusammensetzung. Von der Menge des vorhandenen Kolloidtons wie auch von der Feinheit der mit ihm vermischten Sande erweisen sich aber alle jene Eigenschaften der Tone als abhängig, die man in Hinsicht auf den Charakter des Bodens als seine »Schwere«, seine »Fettigkeit« bezeichnet. Nicht zu unterschätzen dürfte auch für den Geologen die Kenntnis von der gegenseitigen Beeinflussung der Humussubstanz und des Tons sein, da sich derartige Beziehungen bei der Entstehung gemischter, organogener und minerogener Bildungen geltend machen müssen. Die sog. Schutzwirkung des Humus tritt hier in ihr Recht. Während von einer solchen des Tons auf Humussubstanz nichts bekannt ist, tritt eine Schutzwirkung von Humuslösungen auf Tonaufschwemmungen zweifellos auf. Sie kann darin bestehen, daß die mit Tonteilchen umgebenen Sandteilchen des Tons Humuskolloide adsorbieren und sich dann derartig mit diesen umhüllen, daß sie sich gegen Fällungsmittel ähnlich verhalten wie die Humuskolloide selber, also weit weniger auf die Wirkungen der fällenden Elektrolyte reagieren. Andererseits üben die in größeren Mengen auf Ton einwirkenden Humuskolloide auch eine ausflockende, fällende Wirkung direkt aus, wie dieses bei gegenseitigem Aufeinanderwirken zweier Kolloide eine bekannte Erscheinung darstellt. Die Aufschwemmung der Bodenkolloide, die Verarmung höherer Bodenlagen an Kolloiden in Verbindung mit der Untergrundbildung, das Quellen und Schwinden der Bodenkolloide, die Zuführung solcher sowie das Austrocknen und die Krustenbildung mit oder ohne unter Einfluß von Salzlösungen sind alles Erscheinungen, die für die Sedimentbildung von gleicher Wichtigkeit sind und von EHRENBURG eingehend gewürdigt werden, jedoch hier nur Erwähnung finden können. Ein besonderes Kapitel ist den Meereswasserüberschwemmungen, der Entstehung der Alkaliböden sowie der Verkieselung von Sandsteinen gewidmet und gewährt dieses ganz besonders einen Einblick in die kolloidchemischen Verhältnisse, die bei der Einwirkung von Salzlösungen auf die Bodenbildung und Struktur zur Auslösung gelangen. Interessant ist der Ausblick, den EHRENBURG an die Wirkung der Soda



auf die Kieselsäure knüpft, denn da letztere durch erstere in erheblicher Menge löslich gemacht wird, um später, wenn sich hierfür günstige Gelegenheit bietet, in kolloider Form auszuscheiden und dann Sande zu verkitten, so meint er, werden derartige Vorgänge in Wüstengegenden heute nicht selten sein und uns das Verständnis der Verkittung von Sandsteinen früherer Epochen erleichtern. Desgleichen ist für derartige Erscheinungen der Wirkung des Kalks auf die Bodenbestandteile ein großes Wirkungsfeld eröffnet, welches namentlich für die Entstehung des Laterits und der Roterden in Frage kommen würde. Leider sind diese so vielversprechenden Probleme nicht von unserem Autor behandelt worden, da noch zu große Unsicherheiten in der Literatur über diesen Gegenstand herrschen, eine Anschauung, der zweifelsohne wenig widersprochen werden kann.

Die Auffassung, daß bei in Flüssigkeiten befindlichen feinen Teilchen mit dem Vorhandensein von verdichteten Flüssigkeitsschichten um dieselben zu rechnen ist, die sich von der umgebenden Flüssigkeit angerechnet stetig, und zwar ziemlich schnell in ihrer Dichte steigern, bis zu der am stärksten verdichteten Schicht direkt an der Oberfläche des festen Teilchens, führt zu Folgerungen, die für mit Wasser durchtränkte Sandschichten, wie z. B. im Trieb sand, von großer Bedeutung werden müssen. So verhalten sich derartige Sande infolge der sie umgebenden verhältnismäßig dichten Adsorptionshüllen von Wasser direkt wie Flüssigkeiten und werden uns dadurch viele ihrer Erscheinungsformen und ihr Verhalten durchaus verständlich. Die von K. SAPPER (30) auf Spitzbergen beobachteten Erscheinungen des Erdfließens und der Strukturböden dürften z. B. in ihrer theoretischen Betrachtungsweise durch genannte Anschauung in mancher Hinsicht sehr gefördert bzw. unserem Verständnis näher gebracht werden.

Die Wirkung des Windes auf die Bodenkolloide, die sich in vielerlei Gestalt zu äußern vermag, erscheint gleichfalls für den Geologen von hervorragender Wichtigkeit in Hinsicht namentlich auf die äolische Bildung des Lößes. Von EHRENBERG wird auch dieses Problem kolloidchemisch behandelt, denn insofern »wir feinste Teilchen nicht durch Wasser, sondern durch bewegte Luft in Verteilung und damit zum Schweben bringen, so haben wir damit ein Gebilde, das gleichfalls in mancher Hinsicht kolloide Eigenschaften zeigt.« Es fallen somit jene Prozesse kolloidchemisch gesprochen in das Wirkungsgebiet der Grenzfläche gasförmig-fest.

Ganz besonders interessant gestalten sich EHRENBERGS Ausführungen über die Ortsteinbildung, die als Ausfluß der Einwirkung der Pflanze auf den Boden zur Behandlung gelangen. Sie werfen gleichzeitig ein wertvolles Streiflicht auf andere ähnliche Bildungen. Das wesentliche Moment der eigentlichen Ortsteinbildung ist dadurch gegeben, daß die versinkenden Wässer der atmosphärischen Niederschläge nicht nur elektrolytarm, sondern mit prozentisch allerdings nur geringen Mengen



gelöster Humussubstanzen beladen in den Mineralboden eindringen. Ihre Wirkung ist demnach nicht nur eine auswaschende und hinabspülende, soweit dieses der Kalkgehalt nicht verhindert, sondern sie neutralisieren durch die vorhandenen Humussäuren basische Bestandteile und wirken daher z. T. lösend, ferner vermögen sie sich aber auch als Schutzkolloide zu betätigen. Sie führen Bodenkolloide im weitesten Umfange, und zwar noch solche, die sonst infolge des vorhandenen Elektrolyt- und Wassergehaltes noch ausgeflockt im Boden verharren würden, in die Solform über und machen sie damit beweglich. Diese Erscheinung gibt die Erklärung für das Beweglichwerden allerlei Bodenbestandteile ab, die sonst niemals von ihrem Orte entfernt werden könnten. Es handelt sich zudem dabei um ein Beweglichwerden trotz geringer Wassermengen. Die sonst zu ihrer Ausfällung genügenden Elektrolytmengen und sonstigen Bedingungen reichen eben nicht mehr dazu aus, wenn Schutzkolloidwirkungen in Betracht kommen. Hinzu tritt außerdem die sehr wahrscheinlich stattfindende aufteilende Wirkung des Humus auf die Kolloide des Bodens, welche diese gleichfalls leichter in Lösung gehen läßt. Mit diesen Prozessen Hand in Hand geht eine Verarmung der oberen Schichten an Kalk, so daß eine allmähliche Entstehung von saurem Humus eintritt. Die sich nunmehr in Wasser lösenden Humussubstanzen bedingen eine stärkere Ausspülung der oberen Bodenschichten und führen steigende Mineralstoffmengen in den Untergrund, wobei ihre Wirkung sowohl chemisch wie als Kolloidschutzwirkung aufzufassen ist. Der Verlust an Kalk gibt zugleich Veranlassung zur Aufhebung der Krümelstruktur, so daß sich die Bodenteile enger aneinander lagern. Haben nun diese, unter dem Einfluß der in Wasser befindlichen Humusstoffe hinabsinkenden Bodenbestandteile die Grenze der Bodenschichten erreicht, deren Gehalt an Kalk und an feinen Teilchen sowie Auflockerung durch Pflanzenwurzeln einen wesentlich anderen Charakter als für den Obergrund bedingen, so werden hier weitgehende Umsetzungen chemischer wie kolloidchemischer Natur erfolgen müssen. Die Humussubstanz wird durch Kalk oder andere basische Stoffe ausgefällt und damit hört die Möglichkeit ihrer Schutzwirkung auf. Schon eine teilweise Ausfällung kann die Veranlassung zu anderen Ausfällungen geben, da z. B. Humussubstanzen, die in gewisser Konzentration schützend auf Eisenhydroxydkolloid wirken, in anderer Konzentration dasselbe ausfällen. Mit dem Aufhören der Schutzwirkung wird ein Teil der durch die Humuskolloide hinabgeführten Bestandteile gleichfalls ausfallen, wie z. B. feinste Sande, feinste feste Humusteilchen, in kolloider Lösung vorhandenes Eisen und kolloider Ton, der aber weiterhin durch die Kalkwirkung selbst zur Ausflockung gelangen wird. Durch die den Bodenteilchen der tieferen Erdschichten anhaftenden Kalkhüllen oder durch Adsorption kommt es dabei zunächst zur Umhüllung der Bodenteilchen mit Humussubstanz, Eisenhydroxydkolloid usw., wodurch dieselben eine Verkittung erfahren.



Chemische Wirkungen der neutral oder durch hydrolytische Spaltung des Carbonats schwach alkalisch gewordenen Bodenlösung treten wohl noch hinzu, und müssen die sich mehr oder weniger gallertartig ausscheidenden Kolloide auf die hinabsinkenden Bodenbestandteile gleichsam wie ein Filter wirken und daraus feste Teilchen, wie kristalloid und kolloid gelöste Stoffe festhalten. Austrocknung und Altern der so entstandenen Schicht führen dann zu einer vollständigen Erhärtung derselben. Hieran anschließend wird von EHRENBERG auf das nicht unmögliche Vorkommen von Ortsteinbildungen früherer geologischer Perioden hingewiesen. Er erinnert an die Auffassung H. SCHREIBERS (31), der das Blackband in der Steinkohle Englands als fossilen Ortstein ansieht, an die Feststellungen von O. LEMCKE (32), der über jüngere Ortsteinbildungen und deren wenigstens zwei Jahrtausende betragendes Alter berichtet, und an C. METZGERS (33) Idee, daß gewisse tertiäre Quarzite als verkieselter Ortstein zu deuten seien.

Ebenfalls von geologischer Bedeutung zeigen sich die am gleichen Orte über die Entstehung des sog. »Knicks« der Marschen gemachten Mitteilungen. Das Auftreten dieser Bodenbildung ist darnach an alte Marschländereien gebunden, die zumeist erheblich entkalkt sind und den gesamten Kalkvorrat nur noch als Silikat oder Humat führen. Es kennzeichnet sich der Knick durch das Auftreten von viel feinsten Bodenteilchen, die zum guten Teil als von oben hinabgeschlämmt angesehen werden müssen, bei welchem Vorgang kolloidchemische Reaktionen die Hauptrolle spielen. Ferner werden Eisenkonkretionen, Eisenschwarten und Erhärtungen sowie Spalten- und Wurzelablagerungen von Eisen, Raseneisenstein und sonstige, ähnliche Gebilde ihrer Entstehung nach vom kolloidchemischen Standpunkt gedeutet, und der unter den Mooren namentlich der Alpen vorkommende »Alm« als eine durch erhebliche Mengen von Humusschutzkolloiden bedingte Ausscheidung kolloider Kalksalze erkannt.

In vorstehenden Zeilen konnte zwar nur eines kleinen Teils der für den Geologen wichtig erscheinenden Fragen vom Standpunkt neuzeitlicher bodenkundlicher Forschung Erwähnung geschehen. Die Sodabildung im Boden und die für die komplizierte Verwitterung so wichtigen Adsorptionserscheinungen konnten nicht einmal gestreift werden, desgleichen mußte eine Fülle Materials, dessen Kenntnis für die Lösung geologischer Probleme nur anregend und fördernd sein kann, unberücksichtigt bleiben, denn alles hierhergehörige nur aufzuzählen, würde den mir in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellten Raum weit überschritten haben. Ebenso konnte der einschlägigen Literatur nicht im vollen Umfange gedacht werden, die gebrachten Zitate machen daher nur den Anspruch von Fingerzeigen bzw. Wegweisern. Sollte es aber trotzdem gelungen sein, zu zeigen, oder erreicht worden sein, die Aufmerksamkeit darauf zu lenken, daß auch für die Geologie, insonderheit für gewisse Zweige derselben, das Studium neuzeitlicher Bestrebungen



auf dem Gebiet der Bodenkunde nicht nur von Nutzen, sondern auch von Bedeutung ist, so würde damit die Aufgabe vorliegender Mitteilung vollauf erfüllt sein.

1. P. EHRENBERG, Die Beziehungen der Kolloidforschung zur Agrikulturchemie. Kolloid-Zeitschrift 3. (1908), S. 93; 4. (1909) S. 76. — P. EHRENBERG Theoretische Betrachtungen über die Beeinflussung einiger der sog. physikalischen Bodeneigenschaften. Mittlg. Landw. Inst. Breslau IV, S. 445, 1908.

2. B. SJOLLEMA, Anwendung von Farbstoffen bei Bodenuntersuchungen. Die Isolierung der Kolloidsubstanzen des Bodens. Journ. f. Landw. 1905, Bd. 53, S. 67.

3. P. ROHLAND, Zeitschr. f. anorgan. Chemie 1904; Über einige physikalisch-chemische Vorgänge bei der Entstehung der Ackererde. Landw. Jahrb. 36, 1907, S. 473 und a. a. O.

4. F. CORNU, Kolloid-Zeitschr., IV, 1909, mehrere Abhandlungen über genannten Gegenstand, S. 275—305.

5. S. H. ABERSON, Das Adsorptionsvermögen der Ackererde. Koll. Zeitschr. X, 1912, S. 13.

6. J. D. HISSINK, Die Festlegung des Ammoniakstickstoffs durch Permutit und Tonboden usw. Landw. Versuchs-Stationen 1913, Bd. 81, S. 377.

7. P. ROHLAND, Die Adsorptionsfähigkeit der Böden. Intern. Mitteilungen für Bodenkunde, IV, 1914, S. 393 und a. a. O.

8. G. WIEGNER, Die Festlegung des Stickstoffs durch sog. Zeolithe. Journ. f. Landw. 1913, S. 11.

9. E. A. MITSCHERLICH, Lösung und Absorption im Boden. Landw. Jahrb. 46, 1904, S. 413.

10. R. GANS, Zeolithe und ähnliche Verbindungen, ihre Konstitution und Bedeutung. Jahrb. d. Kgl. preuß. geol. Landesanstalt 1902, 26. Berlin 1908, S. 179 und Über die chem. oder physikal. Natur der kolloiden wasserhaltigen Ton-erdesilikate. Zentralbl. f. Min. usw. 1913, S. 699. Die Charakterisierung des Bodens nach der molekularen Zusammensetzung des durch Salzsäure zersetzlichen silikatischen Anteils des Bodens. Intern. Mitteilg. f. Bodenkunde, III, 1913, Hft. 6 und a. a. O.

11. A. VON SIGMOND, Über die Charakterisierung des Bodens auf Grund des salzsauren Bodenausuges und des Basenaustauschvermögens. Intern. Mitteilg. f. Bodenkunde, V, 1915, S. 165.

12. E. BLANCK, Die Beschaffenheit der sog. Bodenzeolithe. Fühlings Landw. Ztg., 62, 1913, S. 560.

13. A. BAUMANN und E. GULLY, Untersuchungen über die Humussäuren. Mitteilg. d. K. B. Moorkulturanstalt. Heft 3, 1909, Heft 4, 1911, Heft 5, 1913 und a. a. O.

14. BR. TACKE und H. SÜCHTING, Über Humussäuren. Landw. Jahrb., 1911, S. 717.

15. P. EHRENBERG und F. BAHR, Beiträge zum Beweis der Existenz von Humussäuren und zur Erklärung ihrer Wirkungen vom Standpunkt der allg. u. theoretischen Chemie. Journ. f. Landw. 1913, 61, S. 427.

16. BR. TACKE, A. DENSCH und TH. AREND, Landw. Jahrb. 1913, Bd. 45, S. 195.

17. SVEN ODEN, Über die chem. Natur der Humussäuren. Ber. d. D. chem. Ges. 1912 I S. 653.

18. A. RINDELL: »Über die ehem. Natur der Humussäuren«. Intern. Mittlg. f. Bodenkunde, Bd. I, 1911, S. 67.

19. G. FISCHER, Die Säuren und Kolloide des Humus. Kühn Archiv IV, 1914, S. 1.

20. H. STREMME, Über Fällungen der gemengten Gels von Tonerde und Kieselsäure. Zentralbl. f. Min. usw., 1908, S. 622. Die Verwitterung der Silikatgesteine. Landw. Jahrb. 1911, Bd. 40, S. 326, Über Feldspatresttöne und Allophantone. Ber. d. D. geol. Ges. 1910, S. 122, H. STREMME und B. AARNIO, Die Bestimmung des Gehaltes anorgan. Kolloide in zersetzten Gesteinen und deren tonigen Umlagerungsprodukten. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1911, XIX, S. 329 und a. a. O.

21. R. VAN DER LEEDEN, Über ein durch atmosphärische Verwitterung entstandenes Kaolinvorkommen. Zentralbl. f. Min. 1910, S. 489.

22. P. VAGELER, Physikal. u. chem. Vorgänge bei der Bodenbildung in den Tropen. Fühlings Landw. Zeitg. 1910, 59, S. 878.

23. B. AARNIO, Experimentelle Untersuchungen zur Frage der Ausfällung des Eisens in Podsolböden. Intern. Mitteilg. f. Bodenkunde, 1913, III, S. 131.

24. E. BLANCK, Gestein und Boden in ihrer Beziehung zur Pflanzenernährung. Teil I: Die ernährungsphysiologische Bedeutung der Sandsteinbindemittel-Substanz. Landw. Versuchs-Stationen 1912, Bd. 77, S. 129. Teil II: Vegetationsversuche mit Eruptivgesteinen und kristallinem Schiefer. Landw. Versuchs-Stationen 1914, Bd. 84, S. 399 und Beiträge zur Kenntnis d. chem. u. physikal. Beschaffenheit der Roterden. Journ. f. Landw. 1912, S. 59. E. BLANCK u. J. M. DOBRESCU, Weitere Beiträge zur Beschaffenheit rotgefärbter Bodenarten. Landw. Versuchs-Stationen 1914, Bd. 84, S. 427. E. BLANCK, Beiträge zur regionalen Verwitterung in der Vorzeit. Mitteilg. d. Landw. Institute Breslau 1913, Bd. 6, Hft. V, S. 619.

25. G. LEOPOLD, Beobachtungen über d. chem. Zusammensetzung des Geschiebelehms im Niederländischen Diluvium. Verhandlg. d. II. intern. Agrogeologenkonferenz Stockholm 1910, S. 55.

26. J. D. HISSINK, Verhandlg. d. II. intern. Agrogeologenkonferenz Stockholm 1910, S. 25.

27. H. NIKLAS, Chemische Verwitterung der Silikate und Gesteine. Berlin 1912.

28. J. M. VAN BEMMELEN, Die verschiedenen Arten der Verwitterung der Silikatgesteine in der Erdrinde. Zeitschr. f. anorg. Chemie 1910, 66, S. 322.

29. P. EHRENBERG, Die Bodenkolloide. Dresden und Leipzig (Theod. Steinkopf) 1915.

30. K. SAPPER, Erdfließen und Strukturboden in polaren und subpolaren Gebieten. Geologische Rundschau 1913, IV, S. 103 und Intern. Mitteilg. f. Bodenkunde 1914, IV, S. 52. Über Fließerde und Strukturboden auf Spitzbergen. Zeitschrift d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1912, Nr. 4.

31. H. SCHREIBER, Österr. Moorzeitschrift 12, Nr. 3.

32. O. LEMCKE, Dissertation Münster 1903.

33. Briefliche Mitteilung von Forstmeister Prof. Dr. C. METZGER an Prof. EHRENBERG, Bodenkolloide, S. 310.



### III. Geologischer Unterricht.

## Verzeichnis der geologischen Vorlesungen an den deutschen Hochschulen im Wintersemester 1915/16.

Abkürzungen: Geol. = Geologie; g. = geologisch; Pal. = Paläontologie; p. = paläontologisch; Petr. = Petrographie; petr. = petrographisch; Üb. = Übungen; Anl. = Anleitung zu selbständigen Arbeiten; Coll. = Colloquium; Exk. = Exkursionen. — Die Zahlen geben die Zahl der Stunden in der Woche an.

#### 1. Universitäten.

##### A. Deutschland:

Berlin: BRANCA: Allgemeine Geol. 4; BRANCA und HENNIG: Üb., Anl.; BRANCA, HENNIG, HAARMANN: Coll.; HENNIG: Geol. Afrikas 1; Pal. der Wirbellosen 2, p. Faunenkunde 1; HAARMANN: Über Grundwasser und Quellen 1, Geol. Deutschlands m. bes. Berücksichtigung der wirtschaftlich wichtigen Gesteine 2; BELOWSKY: Petr., Übersicht des Gesamtgebietes, mit Üb. 2; LIEBISCH: Anl. (Petr.); TANNHÄUSER: Lagerstättenlehre 1<sup>1/2</sup>.

Bonn: STEINMANN: Allgem. Geol. mit Demonstrationen u. Exk. 5, Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt 1, Üb., Anl., Coll.; POHLIG: Eiszeit und Urgeschichte des Menschen, mit Demonstrationen und Exk. (nach seinem gleichnamigen Leitfaden) 1, Exk.; WANNER: Die Bodenschätze Deutschlands 1, Kohle und Petroleum 1; TILMANN: Bau der Gebirge Europas 2; WELTER: Einführung in die Pal. 2; BRAUNS: Anl. (Petr.); UHLIG: Chemische Petr. 1.

Breslau: FRECH: Einführung in die Geol. mit Exk. und Skioptikon-Darstellungen 4, Geol. der Steinkohle 1, Üb., Anl.; FRECH, SACHS, VON DEM BORNE, LACHMANN, DYHRENFURTH, MEYER: Coll.; HINTZE, SACHS, BEUTELL: Anl. (Petr.); BEUTELL: Gesteinskunde 2; LACHMANN: Geschichte der Erde und

des Lebens 2, G. Üb.; DYHRENFURTH: p. Üb.; Über den Bau der Alpen 1; Meyer: Wesen und Wirkung der Gletscher (alle 14 Tage), G. Landeskunde der deutsch-afrikanischen Schutzgebiete 1, Grundlagen der Geol. 1.

Erlangen: LENK: Coll.; LENK u. KRUMBECK: Üb. in der makroskopischen Gesteinsbestimmung 2, Anl.; KRUMBECK: Einführung in die Pal. 2, g. Üb.

Frankfurt: DREVERMANN: Grundzüge der Geol. 4, Pal. und Abstammungslehre 1, Üb., Anl. Coll.

Freiburg i. B.: DEECKE: Allg. Geol. 5, Üb.; DEECKE u. DENINGER: Anl.; DENINGER: Pal. der Wirbellosen 3; WEPFER: Geol. von Europa 2; SOELLNER: Üb. im makroskopischen Bestimmen von Gesteinen 2.

Gießen: KAISER: Petr., Üb., Anl.; KAISER und MEYER: Coll.; MEYER: Entwicklungsgeschichte der fossilen Tierwelt 2, der Vulkanismus 2, G.-pal. Demonstrationen in auswärtigen Sammlungen (Darmstadt, Frankfurt, Marburg u. a.).

Göttingen: STILLE: Historische Geol. 4, Üb. im Bestimmen fossiler Wirbeltiere 2, g.-p. Üb.; STILLE und WEDEKIND: Anl.; STILLE, SALFELD, WEDEKIND, FREUDENBERG: Coll.; WEDEKIND: Pal. der Wirbellosen I. Die stratigraphisch wichtigen Tiergruppen 3; SALFELD: Kohle und Erdöl 1; FREUDENBERG: Prähistorische Anthropologie. I.

Abstammung und Kultur des Menschen in der älteren Steinzeit; MÜGGE: Anl. (Petr.), Üb. (Petr.).

Greifswald: MILCH: Übersicht üb. die allgemeine Geol. 2, Anl. (Petr.).

Halle: WALTHER: Allgemeine Geol. 5, Methodik des g. Unterrichts 1, Üb., Anl., g. Coll.; SCUPIN: Gesteinslehre als Grundlage der Bodenkunde 2, Pal. der wirbellosen Tiere mit Üb. 3, Repetitorium der Formationskunde 2, Anl., g. Coll.

Heidelberg: SALOMON: Geol. (inn. Dynamik und Überblick über die Erdgeschichte) 5, Pal. der Wirbellosen 2, Üb., Anl.; WÜLFING: Petr. I. 2, Anl. (Petr.).

Jena: LINCK: Anl. (Petr.); LINCK, v. SEYDLITZ, MARC, RITZEL: Coll.; v. SEIDLITZ: Grundzüge des g. Aufbaues der Erdrinde (historische Geol.) 2, Gebirgsbildung und die Versuche ihrer Erklärung 1, d. g. wichtigen Versteinerungen und Üb. im Bestimmen derselben 2, Anl.

Kiel: JOHNSEN: Allgemeine Geol. nebst Petr. 2; WÜST: Erdgeschichte 4, Üb., Anl., Coll.

Königsberg: BERGEAT: Die metallischen Bodenschätze Deutschlands und der Nachbarländer 1; ANDRÉE: Allgemeine Geol. 4, Pal. der Wirbellosen 2, Üb., Anl., Coll.

Leipzig: KOSSMAT: Allgemeine Geol. 4, Coll. zur Vorlesung über allgemeine Geol., G. Bau Sachsens und der angrenzenden Gebiete 2; KOSSMAT, FELIX, BRANDES: Üb., Anl., Coll.; RINNE: Üb., Anl. (Petr.); FELIX: Pal. der Säugetiere 1; REINISCH: Systematische Petrographie 2; BERGT: Vulkanologie; NIGGLI: Chemie der Erdrinde 1, Die Metamorphose der Gesteine 1; BRANDES Paläobiologie der wirbellosen Tiere 2.

Marburg: KAYSER: Formationskunde, mit Berücksichtigung der Leitfossilien 3, Abriß der Pal. der niederen Tiere 3, Üb., Anl., Coll.; CLOOS: Bau und Entstehung der Gebirge 2, Geol. der Erde III. Asien und Australien 1, Praktische Einführung in die Geol. 2; WEIGEL und SCHWANTKE: Üb. (Petr.).

München: ROTHPLETZ: Die Entfaltung des Tier- und Pflanzenreichs im Laufe der g. Perioden 4, Tektonische Geol.

1, Coll.; ROTHPLETZ und BROILI: Üb., Anl.; STROMER VON REICHENBACH: Pal. d. Evertebraten ausschließlich der Mollusken und Molluskoideen 2, Das Gebiß der Wirbeltiere 1; STROMER VON REICHENBACH und DACQUÉ: Praktische Einführung in die makroskopischen und mikroskopischen Forschungsmethoden der Pal. 2; BROILI: Pal. der Evertebraten: Mollusken und Molluskoideen mit bes. Berücksichtigung der Leitfossilien 2, Geol. von Bayern 1; DACQUÉ: Paläogeographie I. Teil: Grundlage und Methoden 1; LEUCHS: Geol. von Vorderasien (Kleinasien, Syrien, Arabien, Mesopotamien, Kaukasus, Persien) 1; BODEN Geol. der Mittelmeerländer 1; WEINSCHEK: Allgemeine und spezielle Petr. 4, Lagerstättenlehre I: Nutzbare Mineralien und Gesteine 2, Anl. (Petr.).

Münster: BUSZ: Üb., Anl. (Petr.).

Rostock: GEINITZ: Geol. 6, Üb.

Straßburg: WILCKENS: Allgemeine Geol. 3, g. Üb. 2, Anl., Coll.; BÜCKING: Anl. (Petr.); KESSLER: Repetitorium der Pal. 2, Tertiär und Diluvium 1; HECKER: Erdbebenkunde 1.

Tübingen: POMPECKJ: Geol. 4, G. Aufbau Europas 1, Üb., Anl., Coll.; NACKEN: Üb. (Petr.); v. HUENE: Die fossilen Amphibien und Reptilien; LANG: Coll. über chemisch-g. und bodenkundliche Fragen 1; SCHMIDT: Kulturbilder aus Deutschlands Vorzeit 1, Anl. (Prähistorik).

Würzburg:

#### B. Österreich:

Graz: HILBER: Geol. und Pal. der Formationen 3, Üb.; HILBER, HERITSCH SPENGLER: Anl., Coll.; SCHARIZER: Üb. (Petr.); IPPEN: Allgemeine Petr. 4; HERITSCH: Anl. zu g. Beobachtungen bei Bergtouren 2; SPENGLER: Das Mittelalter der Erdgeschichte (Mesozoicum) 2.

Innsbruck: BLAAS: Allgemeine Geol. 2, G. Grundbegriffe 2, Demonstrationen und Coll. 2; CATHREIN: Petr. Üb., Anl.

Prag: WÄHNER: G. Bau der böhmischen Masse 2, G. Bau der Alpen 1, Geschichte der Tierwelt 2, Üb., Anl.; KRASSER: Phytopaläontologie 3; PELIKAN: petrogr. Üb., Anl.



## C. Schweiz:

Basel: SCHMIDT: Lagerstätten nutzbarer Mineralien 1, Col<sup>1</sup>.; PREISWERK, SCHMIDT, BUXTORF: Anl.; BUXTORF: Formationskunde 3, Ausgewählte Abschnitte aus der Alpengeol. 1, Exk.

Bern: HUGI: Petr. I 2, Vulkanismus 1, petr. Üb.; HUGI u. ARBENZ: Referierabend; ARBENZ: Allgemeine Geol. 3, Bau der Alpen II: Ostalpen 1, Geol. d. Mittelmeerländer 1, Anl.; NUSSBAUM: Morphologie des Landes.

Zürich: SCHARDT: Allgemeine Geol. 4, Üb., Anl., Coll.; GRUBENMANN: Üb. im makroskop. Bestimmen von Gesteinen 1; ROLLIER: Petrefaktenkunde mit Üb., Artikulaten 2, Stratigraphie der Trias 2; HESCHELER: Pal. der Säugetiere 2.

## 2. Technische Hochschulen.

## A. Deutschland:

Berlin: TANNHÄUSER: Lagerstättenlehre (Lagerungsformen, Bildung und Vorkommen der Erz- und Kohlenlagerstätten) 2.

Darmstadt: KLEMM: Der g. Bau des Odenwaldes 2; STEUER: Technische Geol. I und II, je 1, g. u. p. Üb.; GREIM: Morphologie der Erdoberfläche 1.

Dresden: KALKOWSKY: Geologie (und Mineralogie) 6.

Stuttgart: SAUER: Gesteinskunde 2, Geol. von Württemberg 2, Üb., Anl.; M. SCHMIDT: Üb. im Bestimmen von Versteinerungen 2.

\* \* \*

Bergakademie Berlin: RAUFF: Formationslehre mit Üb. 6; HERBERT: Ausgewählte Kapitel aus der Pal. mit bes. Berücksichtigung der für die Geol. Deutschlands wichtigsten Leitfossilien nebst Anl. zu deren Bestimmung 1, Das Mesozoicum Norddeutschland 1; GOTHAN: Ausgewählte Kapitel aus der Paläobotanik I, Anl. (Paläobotanik), paläobotanisches Praktikum 2; KÜHN und FINCKH: Petrogr. mit Üb. 4, Anl. (Petrogr.); FINCKH: Methoden der Ge-

steinsuntersuchung mit Üb. 2; BEYSCHLAG: Lagerstättenlehre Teil I: Über Kohlen, Salz, Erdöl 3; KRUSCH: Lagerstättenlehre Teil II: Erzlagerstätten 3, Untersuchung und Bewertung von Erzlagerstätten 1; BÄRTLING: Die Lagerstätten der nicht metallischen nutzbaren Mineralien 1; KEILHACK: Quellen- und Grundwasserkunde 2; DENCKMANN: Die Geol. des Siegerlandes und ihre Nutzung auf die Siegerländer Spateisensteingänge 1; GAGEL: Quartärgeol. Norddeutschlands 1, Die Geol. der deutschen Schutzgebiete mit bes. Berücksichtigung der nutzbaren Lagerstätten 1; MICHAEL: Die Geol. Deutschlands mit bes. Berücksichtigung der nutzbaren Lagerstätten 2; WEISSERMEL: Biologie (Lebensweise und Lebensbedingungen) der Meerestiere der Vorzeit und g. Bedeutung 1.

Bergakademie Freiberg: BECK: Geol., Versteinerungslehre, Lagerstättenlehre, Geol. von Sachsen, Üb. im Bestimmen von Gesteinen und Versteinerungen.

\* \* \*

## Landwirtschaftl. Hochschulen:

Berlin: FLIEGEL: Geol. 2, (Mineralogie und) Gesteinskunde 2, Exk.; SCHUCHT: Einführung in die Bodenkunde 2, Ausgewählte Kapitel aus der Bodenkunde 2.

Hohenheim: PLIENINGER: Geol. I 3.

\* \* \*

Akademie Posen:

Polytechnikum Cöthen: FOEHR: Üb. 4, g. Seminar.

## B. Österreich:

Brünn: RZEHAJ: Geol. I (Petrogr.) 3; OPPENHEIMER: Paläontologie 1.

## C. Schweiz:

Zürich: SCHARDT: Techn. Geol., Allgemeine Geol., Üb., Coll.; GRUBENMANN: petrogr. Üb.; HEZNER: Chemische Petrographie der Erstarrungsgesteine.

## IV. Bücher- und Zeitschriftenschau.

### A. Philipppsons Kleinasienwerk.

In einem außerordentlich inhaltsreichen Werk<sup>1)</sup> legt A. PHILIPPSON die Ergebnisse seiner in den Jahren 1900, 1901, 1902 und 1904 unternommenen Forschungsreisen im westlichen Kleinasien nieder. Eine bedeutende Rolle spielen darin die geologischen Beobachtungen, als deren Gesamtausdruck die schöne geologische Karte des untersuchten Gebietes im Maßstab 1 : 300 000 erscheint. Wir entnehmen dem einleitenden Abschnitte des Werkes folgende Angaben:

Das Innere Kleinasiens wird von einer Reihe von Hochflächen eingenommen, die von Gebirgen umrandet und zerlegt werden. Der Westen der Halbinsel, PHILIPPSONS Arbeitsfeld, ist sehr unruhig gestaltet, indem er von Höhenzügen und Einsenkungen verschiedenster Form und Richtung durchsetzt wird. Die jungen Einbrüche und die starke Zerlappung der Küsten hat er mit Griechenland gemeinsam, so daß man beide als ein einheitliches Naturgebiet unter dem Namen »Ägäis« zusammenfassen kann.

Der ägäische Teil Kleinasiens setzt sich aus mehreren, geologisch verschiedenen Stücken zusammen. Von Halikarnaß bis Ephesus ans ägäische Meer reichend, weiter nördlich aber hinter den Sypilos sich zurückziehend, erstreckt sich die lydisch-karische Masse aus alten Gneisen, Glimmerschiefern, Marmoren und Graniten. Südlich davon liegt das Sedimentgebirge des südlichsten Kariens und Lyciens, Faltenzüge aus mesozoischen und alttertiären Gesteinen. Mannigfaltigere Zusammensetzung zeigt ein drittes orographisches Element, das »ostägäische Faltengebirge«. Es wird außer von paläozoischen, mesozoischen und alttertiären Schichtgesteinen auch noch von Massiven kristalliner Schiefer und alter Massengesteine aufgebaut. Seine Streichrichtung ist NNO, und es erstreckt sich von der Halbinsel von Erythrai und der Insel Chios her über den Sipylos am Westrande der lydisch-karischen Masse hin, dann durch das westliche Mysien und erreicht das Marmarameer. Am Makestosfluß treffen mit diesem ostägäischen Faltengebirge von SO her Ausläufer des Taurus und von O her solche des pontischen Gebirgsbogens zusammen.

Diese Faltenzüge, die im Mitteltertiär vollendet waren, bilden ein Grundgebirge, das ein mehr oder weniger unterbrochenes Deckgebirge aus jungtertiären, meist limnischen Ablagerungen (Kalken, Konglomeraten, Tonen, Mergeln, lockeren Sanden, auch Braunkohlen) und vulkanischen Gesteinen gleichen Alters trägt. Namentlich im Nordwesten verhüllt das Deckengebirge den älteren Untergrund fast ganz in der Form einer zusammenhängenden Decke, aus der das ältere Gebirge

1) A. PHILIPPSON, Reisen und Forschungen im westlichen Kleinasien. Petermanns Mitteilungen, Ergänzungshefte Nr. 167, 172, 177, 180, 183. I. Heft: Einleitung. Das westliche Mysien und die pergamenische Landschaft; II. Heft: Jonien und das westliche Lydien; III. Heft: das östliche Mysien und die benachbarten Teile von Phrygien und Bithynien; IV. Heft: Das östliche Lydien und das südwestliche Phrygien; V. Heft: Karien südlich des Mäander und das westliche Lykien. 1910—1915. Gesamtpreis 68 Mark. Die geologische Karte des westlichen Kleinasien im Maßstab 1 : 300 000 in 6 Blättern allein 48 Mark, die topographische Karte in sechs Blättern 24 Mark.



nur in einzelnen Inseln und Zügen an die Oberfläche tritt. Im Süden dagegen finden sich die jungen Gesteine nur in einzelnen Becken.

Das Deckgebirge lagert nicht überall ungestört, sondern ist von Faltungen und Verwerfungen betroffen. Am stärksten sind die Störungen an den Grenzen des älteren Gebirges. Da scheinen die einzelnen Hervorragungen dieses letzteren von unten durch die Decke hindurchgestoßen zu sein. Die vulkanischen Gesteine treten in der Form von Lavadecken und -strömen, Schloten und Vulkanruinen (Felskuppen, kleinen Massengebirgen) auf. Wohlerhaltene Vulkane rezenter Alters finden sich nur in der Katakekaumene in Lydien. Das herrschende Eruptivgestein ist Andesit und Andesittuff. Der Andesit ist oft tiefgründig verwittert und lebhaft gefärbt. Er bildet dann gern Blockmeere, in denen das Reisen sehr beschwerlich ist.

Die jungen Einbrüche beeinflussen die Oberflächengestalt Kleinasiens weit stärker als der Bau des älteren Gebirges. Sie ziehen die Abflüsse der benachbarten Gebirgsstöcke an sich und werden so zur Bahn bedeutender Flüsse. Sie sowie die Verteilung des Jungtertiärs, der Bau der Ketten, die Anordnung der Flußtäler und die Beschaffenheit der Küste bedingen die natürliche Verschiedenheit mehrerer Teilgebiete Kleinasiens, die demzufolge Unterschiede in Fruchtbarkeit, Verkehrsmöglichkeiten, Kultur und Bevölkerung aufweisen. So ist z. B. das Gebiet der großen Grabenbrüche des Mäander, Kayster und Hermes-Kogamos der fruchtbarste und bevölkertste Teil, in dem außerdem auch noch die große Straße aus dem Innern nach den Handelsplätzen Smyrna und früher Milet, Phocäa und Ephesus führen. Andererseits weist z. B. das Gebirgsland Mysien nur wenig Kultur auf.

WCKS.

**Die Goldvorkommen des Thüringer Waldes und Frankenwaldes und die Geschichte des Thüringer Goldbergbaues und der Goldwäschereien** von Dr. HESS VON WICHENDORFF.

Dieses umfangreiche Werk ist der erste Teil der »Beiträge zur Geschichte des Thüringer Bergbaus und zur montangeologischen Kenntnis der Erzlagerstätten und Mineralvorkommen des Thüringer Waldes und Frankenwaldes«, welche die königlich preußische geologische Landesanstalt herausgibt. In der Einleitung zu dem ersten Teil, die einleitend in das ganze Werk geschrieben ist, macht uns Dr. HESS VON WICHENDORFF mit seiner neuen an Ergebnissen reichen Forschungsmethode bekannt. Er legt bei der Erforschung von Erzlagerstätten nicht allein Wert auf die eingehende Untersuchung bei der geologischen Landesaufnahme, nicht nur Wert auf die Erforschung der vorhandenen oft spärlichen Reste des alten Bergbaues, sondern mißt der archivalischen Forschung und der

kritischen Verwertung der über den Bergbau vorhandenen unermesslichen Schätze an Akten, Aufständen, Befahrungsprotokollen, Streitsachen, Ausbeute- und Zubußezetteln, alten Grubensissen in den Archiven und Bibliotheken der Bergämter großen Wert bei. Durch diese kombinierende Forschungsmethode ist es ihm gelungen, in dem ersten Teil seines Werkes aus den gänzlich unklaren Vorstellungen über die Thüringer Goldlagerstätten die »eigentliche Form der Lagerstätten, die Verteilung des Goldes und die Entstehung der Thüringer Goldvorkommen« zu erkennen. Abschnitt I behandelt die ersten Anfänge der Goldgewinnung in Deutschland. Abschnitt II beschäftigt sich mit den Spuren der ältesten Goldgewinnung im Thüringer Wald und Frankenwald, wie sie als mittelalterlicher Duckelbergbau auf dem Goldberg bei Reichmannsdorf, als mittelalterliche Tagebaue und andere Spuren der Goldgewinnung auf den diluvialen Flußterrassen des Schwar-



zatales erhalten sind. Im III. Abschnitt behandelt er die Wiederbelebung der Thüringer Goldgewinnung im Ausgange des Mittelalters. Hierher gehört die Entdeckung (1482) und Geschichte des Goldbergbaues bei Steinheid (1504 bis 1590), der Goldbergbau bei Kolitzschthal (1567—1602), der Goldbergbau am Goldberg bei Reichmannsdorf (1477 bis 1481 und 1577—1579), die Goldwäschereien im Schwarza-tale und dortige Goldbergbauversuche im Ausgange des Mittelalters, alte Goldseifen in anderen Thüringer Tälern (Küsele-Tal bei Lobenstein, Langwassergrund bei Lobenstein, Wetttern-Tal bei Saalburg, Schlötental bei Greiz, Elster bei Weida und Gera, Weida und Leuba, Saale zwischen Rudolstadt und Camburg, Goltzsch und Nebenflüssen). Abschnitt IV handelt von der Wiederaufnahme der Goldgewinnung in neueren Zeiten bei Reichmannsdorf 1699—1728; 1740—1747; bei Steinheid 1690—1698; 1822—1824; bei Kolitzschthal 1695—1696; 1706 bis 1717; 1724—1737; 1771—1772. Die Goldwäschereien und Bergbauversuche finden wir um diese Zeit im Schwarza-tale und Nebenflüssen, in anderen Thüringer Tälern. In Abschnitt V erfahren wir von Goldspuren in andern Thüringer Erzlagerstätten (Arsenkiesgänge am Gr. Silberberg bei Gahma, Alaunschiefer bei Gernsdorf, in einem Quarzgang am Bahnhof Ruhla, in den ostthüringer Antimon vorkommen). Im VI. Abschnitt bringt Dr. HESS VON WICHENDORFF »montangeologische Ergebnisse und Schlußfolgerungen über die Lagerstätten des Goldes im Thüringer Walde und Frankenwald«. In einem Anhang berichtet B. PIEK in Gotha über »Münzen aus Thüringer Gold«.

RUDOLF HUNDT

**E. DITTLER, Mineralsynthetisches Praktikum**, eine praktische Anleitung für das Laboratorium. Mit einem Beitrag: Optische Untersuchungsmethoden von H. MICHEL. 150 S. 56 Textfiguren. Geb. 6 M. Theodor Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1915.

Die Anwendung physikalisch-chemischer Methoden hat in der Mineralogie wie in der Geologie in den letzten beiden

Jahrzehnten so zahlreiche und wichtige Ergebnisse erzielt, daß eine Darstellung der für den Mineralogen hauptsächlich in Betracht kommenden Apparate und Methoden einem wirklichen Bedürfnis entspricht. DITTLER hat sich dieser Aufgabe in dem vorliegenden Büchlein mit unleugbarem Geschick entledigt. Er behandelt in 7 Abschnitten die Apparate und Untersuchungsmethoden für wässrige Lösungen (hydrothermale Mineralsynthese, Entwässerung, Löslichkeit und Extraktion) und für Mineralien im Schmelzflusse (Materialien, Heizvorrichtungen, Herstellung der Kristallisationsprodukte, Messung hoher Temperaturen, Bestimmung der Schmelz- und Umwandlungspunkte, Viscositätsmessungen, DÖLTERS Heizmikroskop, Leitfähigkeitsmessungen). Der Inhalt des Buches ist also reicher als der Titel erwarten läßt. Zahlreiche gute Abbildungen unterstützen die recht klare Darstellung.

Zwei weitere Abschnitte von MICHEL behandeln die ja eigentlich zu dem Gegenstand des Buches nicht gehörenden optischen Untersuchungsmethoden. Da indessen Niemand mineralsynthetische Versuche anstellen kann, der nicht mit den optischen Methoden vertraut ist, so ist diese Beigabe willkommen und das um so mehr, als der Verf. aus der ausgezeichneten BECKESchen Schule hervorgegangen den Methoden seines Lehrers besonders viel Raum widmet und sich dabei dessen persönlicher Hilfe zu erfreuen hatte. Ein Anhang bespricht Bestrahlungsversuche.

Ich glaube zwar nicht, daß es irgend Jemand gelingen wird, allein mit Hilfe des vorliegenden Buches ohne weitere Anleitung ein erfolgreicher Mineralsynthetiker zu werden. Aber das Buch wird unbedingt für jeden, der sich mit Mineralsynthese beschäftigt, Schmelzpunktsbestimmungen usw. macht, eine wesentliche Hilfe sein. Ja, es wird auch dem von Wert sein, der sich über die Genauigkeit und den Wert der von anderen erzielten Ergebnisse unterrichten will. Und das hat für den Geologen keine geringe Bedeutung.

SAL.



H. E. BOEKE, **Grundlagen der physikalisch-chemischen Petrographie.** 428 S. 168 Textfig., 2 Taf. Geh. 15,60 Mk. Bornträger, Berlin 1915.

Das vorliegende umfangreiche Buch verdankt seine Entstehung derselben Ursache wie das im vorstehenden besprochene DITTLERSche Büchlein und entspricht in noch höherem Maße einem wirklichen Bedürfnis. Die physikalische Chemie hat eine derartige Bedeutung für Mineralogie, Petrographie und Geologie gewonnen, daß eine sorgfältige kritische Gesamtdarstellung der für die Petrographie bereits erzielten Ergebnisse und die von BOEKE sehr glücklich durchgeführte Hervorhebung des Unsicheren und rein Hypothetischen freudig zu begrüßen ist.

Nach einer kurzen allgemeinen Darstellung der homogenen und heterogenen Gleichgewichte wird der größte Abschnitt des Buches der magmatischen Gesteinsbildung gewidmet; und selbstverständlich werden auch hier wie bei DITTLER die Methoden der Untersuchung besprochen. Eine eingehende Darstellung der Apparate fehlt aber, so daß DITTLERS Buch eine willkommene Ergänzung zu BOEKES liefert. Dem Mineralogen wird die ausführliche Schilderung des physikalisch-chemischen Verhaltens der wichtigeren Gemengteile der Erstarrungsgesteine von besonderem Interesse sein.

Ein Abschnitt über die Gase der Magmen enthält unter anderem eine wichtige Bemerkung über die für die Beurteilung von BRUNS Hypothesen bedeutungsvolle Frage, ob Cl und Wasserdampf in vulkanischen Exhalationen nebeneinander vorkommen können. Eingehend wird die pegmatitische, pyrohydatogene und hydrothermale Phase der Magmenerstarrung behandelt. Ein kurzer Abschnitt beschäftigt sich mit der Verwitterung und den Grundzügen der Kolloidmineralogie, ein etwas längerer mit den Sedimenten (Wachstum und Auflösung von Kristallen in einem wässrigen Medium, Kalkstein und Dolomit, Salzlagertstätten). Ganz flüchtig wird leider die Metamorphose der Gesteine behandelt, was sich aber zum Teil daraus erklärt, daß der Verf. manchen

neueren Arbeiten auf diesem Gebiet (V. M. GOLDSCHMIDT und RIECKE-BECKE z. B.) ziemlich skeptisch und ablehnend gegenüberzustehen scheint. SAL.

G. BERG, **Die mikroskopische Untersuchung der Erzlagerstätten.** 198 S. u. 88 Textfig. Bornträger, Berlin 1915. Geh. 7 Mk.

Der Verf. schildert auf 37 Seiten die optischen und mikrochemischen Untersuchungsmethoden, auf 61 Seiten die mikroskopischen Eigenschaften der häufigsten Erze und Begleitminerale, während der Rest des Buches der Beschreibung der Mikrostrukturen der wichtigsten Lagerstättenarten und der Petrographie der thermalmetamorphen und pneumatolytisch veränderten Nebengesteine gewidmet ist. Von diesen Abschnitten will es mir scheinen, daß die sehr kurze, aber doch immer noch 17 Seiten beanspruchende Darstellung der optischen Untersuchungsmethoden durchsichtiger Minerale ruhig hätte weggelassen werden können. Denn kein Anfänger wird mit ihr arbeiten können; und kein Erfahrener wird sie nötig haben. Statt dessen sollte der Verf. lieber in einer eventuellen Neuauflage die KÖNIGSBERGERSche Methode der Untersuchung des reflektierten Lichtes schildern, die nur eben erwähnt wird.

Auch die Beschreibung der durchsichtigen Begleitminerale der Erze (z. B. Olivin, Glimmer, Cordierit usw.) scheint mir wenig Zweck zu haben, da sie in anderen bewährten Lehrbüchern, die jeder Mikroskopiker doch benutzen wird, ausführlicher zu finden ist. So hätte viel Raum gespart und der Preis erniedrigt werden können.

Die übrigen Teile des Buches sind aber recht gut und zweckentsprechend und werden nicht nur dem Petrographen und Geologen, sondern auch dem praktischen Bergmann nützen. Ich hebe besonders die recht bequemen Angaben über die mikrochemischen Reaktionen der Erze hervor, ein Gebiet, auf dem der Verf. offenbar erfahren ist. Aber auch die Beschreibung der mikroskopischen Eigenschaften der Erze ist wertvoll und die Abschnitte über die Mikrostrukturen von Erzlagerstätten, thermal-



metamorphen und pneumatolytisch veränderten Gesteinen bringen viel neues und gutes. Und das ist um so mehr zu begrüßen, als die anderen petrographischen Lehrbücher sich da sehr kurz zu fassen pflegen. SAL.

**Mitteilungen des Vereins der Studierenden der Geographie an der Universität Berlin**, im Auftrage des Vorstandes besorgt von Dr. W. BEHRMANN. Heft 1. Berlin 1915, Bornträger. 7,20 Mk. (brosch.). 91 S., 5 T. und mehrere Textfiguren.

Diese neue Zeitschrift soll in zwanglosen Heften, nach Maßgabe des einlaufenden Materials erscheinen. Im Abonnement wird sie zu einem Vorzugspreise abgegeben werden. Das erste Heft enthält eine Arbeit des mittlerweile für unser Vaterland gefallenen Dr. WILHELM MECKENSTOCK: Morphologische Studien im Gebiet des Donaudurchbruches von Neustadt bis Regensburg« und eine kurze Schilderung von Dr. B. BRANDT »Die Insel Wight«, auf Grund einer im Mai 1914 vom Berliner Geographischen Institute veranstalteten Exkursion und der Veröffentlichungen der »Geological Survey of England and Kent«.

MECKENSTOCK kommt zu dem Ergebnis, daß die Haupttäler des Donaugebietes von Neustadt bis Regensburg epigenetische Durchbrüche sind. Sie seien in den obermiocänen Aufschüttungen angelegt worden und hätten sich durch sie hindurch in das ältere Gebirge eingeschnitten. Die BRANDT'sche Arbeit gibt eine sehr bequeme Übersicht über den geologischen Bau, die Morphologie der Insel und die Entstehung des Landschaftsbildes. Die den beiden Arbeiten beigegebenen Abbildungen sind zum größten Teil sehr gut.

SALOMON.

C. DOELTER, **Handbuch der Mineralchemie**. Bd. II, Lieferung 7 und 8 (je 10 Bogen) zu je 6,50 Mk. Dresden und Leipzig 1915.

Die letzte Besprechung in diesem Bande, S. 101 hatte das rasche Fortschreiten des Werkes gezeigt. Es ist sehr erfreulich, daß es dem Herausgeber

gelingen ist, trotz des Krieges mittlerweile zwei weitere Lieferungen erscheinen zu lassen. Sie umfassen Chromhaltige Tonmineralien, Wismutsilikate, die zur Zeit wegen ihrer Anwendungen besonders wichtig gewordenen Silikate der seltenen Erden, komplexe Silikate von Al (Fe) mit einwertigen Alkalimetallen, die Natrium-Aluminiumsilikate (mit Nephelin, Sodalith-Hauyngruppe, Natrolith, den Natriumpyroxenen und -Amphibolen, Analcim, Natriumglimmer und -Plagioklas usw.), sowie den Beginn der Kaliumaluminiumsilikate (mit Muskovit, Zinnwaldit und Leucit). Die Verf. der einzelnen Abschnitte sind neben DOELTER selbst noch THUGUTT, RITZEL, HIMMELBAUER. Man sieht aus der Reihenfolge der angeführten Mineralien, daß der Herausgeber sich von der herkömmlichen Anordnung der Mineralien hier ganz abwendet, was die Übersichtlichkeit vermindert, aber für bestimmte Zwecke allerdings vorteilhaft ist. SAL.

**Entstehung der Korallenriffe**. W. M. DAVIS hat im Jahre 1914 mit Unterstützung des Shaler Memorial Fund der Harvard Universität und der British Association 35 Koralleninseln des Stillen Ozeans und die Küste hinter dem Great Barrier reef besucht und seine Ergebnisse zunächst in kurzen Auszügen, jetzt etwas ausführlicher und unter Beigabe von einigen diagrammatischen Bildern im American Journal of Science, 4. ser. 40, 1915, 223—271 veröffentlicht. Die endgültige Veröffentlichung wird später erfolgen.

Sein Ergebnis kleidet er in die Worte: »DARWINS Senkungstheorie ist meiner Ansicht nach die einzige Theorie, die zureichend die verschiedenen Riffe erklärte, die ich besichtigte, denn es ist die einzige Theorie, die zugleich vernünftig die besonderen Merkmale der umschlossenen Vulkaninseln erklärt.« Nach DAVIS kann die Entstehung der Korallenriffe nicht hinreichend durch eine Untersuchung der lebenden Riffe allein geklärt werden, sondern es sind außer Tiefbohrungen die damit verknüpften Probleme der zentralen Inseln und der gehobenen Riffe hinzuzuziehen,



wie das schon DANA getan hat. · Geschieht dies, so tritt unzweideutig hervor, daß eustatische Bewegungen, die der Verfasser keineswegs leugnet, nur ganz untergeordnete Wirkungen erzeugen können im Vergleich mit örtlichen Senkungs- und Hebungerscheinungen. Die Darlegungen des Verfs. sind scharf und überzeugend, und wir können seine Schrift jedem, den sie angeht, dringend zum Lesen empfehlen.

St.

Zur **Dolomitbildung** bringen F. W. CLARKE und W. C. WHEELER einen wichtigen Beitrag durch vorläufige Veröffentlichung einer größeren Anzahl von Analysen von Alcyonarien-Skeletten (Proc. Nat. Ac. Sc. Washington 1915, 552—556). Die anorganischen Bestandteile des Skeletts von *Heliopora* enthalten ebenso wie die der gewöhnlichen Steinkorallen und wie die der Hydrocorallinen *Millepora* und *Distichopora*

neben Calciumcarbonat nur 1—2 % andere Beimischung, sind also fast magnesiafrei. Bei der überwiegenden Zahl der Alcyonarien aber, die bekanntlich ein inneres Skelett besitzen, beträgt der Gehalt an Magnesiicarbonat 6 % bis fast 16 %. Er ist im allgemeinen bei den Formen der niederen Breiten am höchsten, bei denen der hohen Breiten am geringsten, wobei jedoch die Wassertemperaturen offenbar die einfache Reihenfolge in dem Sinne beeinflussen, daß Kaltwasserbewohner der größeren Tiefen auch in niederen Breiten ärmer an Magnesia sind. Eine ähnliche Abhängigkeit wird auch an den Skeletten der Echinodermen beobachtet. Der Gehalt an Tricalciumphosphat ist viel schwankender; er bewegt sich zwischen Spuren und 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> %. Ein sehr hoher Phosphatgehalt pflegt aber auch mit einem hohen Magnesiagehalte Hand in Hand zu gehen.

St.

# Kriegsgeologie.

## Geologische Unterweisung des Offiziers im Frieden.

Leider sind mir die Aufsätze, die Hauptmann W. KRANZ über diesen Gegenstand veröffentlicht hat, hier nicht zugänglich, sondern ich besitze nur den betreffenden Bericht von R. POTONIÉ in der Naturwissenschaftl. Wochenschrift, N. F. Bd. 13, 1914, S. 792, sowie die Besprechung desselben Gegenstandes durch G. STEINMANN in dieser Zeitschrift Bd. 6, 1915, S. 94. Außerdem liegt mir der Auszug über W. SALOMONS Vortrag »Kriegsgeologie« im Geol. Zentralblatt Bd. 21, 1915, Nr. 1729 vor. Den Auszügen ist so viel zu entnehmen, daß die Verfasser im wesentlichen nur eine Seite der anzuempfehlenden geologischen Anleitung des Offiziers im Auge haben, die man als die angewandt-petrographische und die allgemein-geologische bezeichnen kann. Von nicht geringerer Bedeutung dürfte aber ein anderer Teil sein, der der geologisch-geographische genannt sei. Es soll in der Ausbildung des Offiziers eine »Vertiefung des Kartenbildes«, dessen Verständnis und Einprägung im Gedächtnis dadurch erreicht werden, daß vermittelt einfacher Beispiele gezeigt wird, wie sehr die Gestaltung der Oberfläche vom geologischen Bau der betreffenden Gegend und von der Natur der Gesteine abhängig ist.

In Deutschland fehlt es ja bei seiner geologischen Vielgestaltigkeit an derartigen Lehrbeispielen in keiner Weise. Trias- und Juralandschaften in Mittel- und Süddeutschland fordern förmlich dazu heraus, geologisch gedeutet zu werden<sup>1)</sup>, das norddeutsche Flachland und seine Moränenlandschaften, seine Talläufe und die eigenartig gestalteten Küsten bieten manches zur Vertiefung des Kartenbildes dienende, und auch das alte Mittelgebirge mit seinen Einschaltungen widerstandsfähiger Gesteine, der Verschiedenartigkeit der Talbildung, mit seiner oft so scharfen, spät nach der Aufrichtung seiner Sedimente und im Winkel zu ihrem Streichen erfolgten Begrenzung und seiner Einebnung ist nicht arm an Lehrbeispielen, die dazu beitragen werden, solche Züge aus dem Kartenbilde Europas dem Verständnis näher zu führen, die für den Soldaten Interesse bieten. So findet er den Stufenbau des Juragebirges zur Verteidigung der Ostfront von Verdun und Toul benützt und aus dem konzentrischen Anlagern der mehr oder weniger widerstandsfähigen Sedimente an die alten Gebirgssockel des rheinischen Schiefergebirges und der Vogesen ergibt sich u. a. die halbkreisförmige Begrenzung des Pariser Grobkalkes zwischen Fontainebleau, Reims und Laon, die wieder für die Anlage eines Festungsgürtels von Bedeutung ist. Beispiele für Faltengebirge ergeben sich im nördlichen Harzvorland und den in der Verlängerung der Längsachse des Harzes gelegenen

---

<sup>1)</sup> Als mich bei einer Reserveübung in einer fränkischen Garnison der Kompaniechef bat, Unterricht an die Unteroffiziere und die »alten Mannschaften« über einen Gegenstand aus meinem Berufsleben zu erteilen, machte ich den Versuch, den landschaftlichen Charakter des Keuper-Juraprofils durch den Hinweis auf die Gesteinsverschiedenheiten zu erklären.



Höhenzügen. Einem viel regelmäßigeren Faltenbau ist der Soldat in den Karpaten begegnet, dessen gleichgerichtete Bergketten zwischen dem Oberlaufe des San und der rumänischen Grenze das Kartenbild beherrschen. Jeder Geologe wird weitere Lehrbeispiele anführen können, welche die wichtigsten Baupläne des geologischen Gebäudes erkennen lassen.

Auf den ersten Blick möchte es ja scheinen, daß es für den Offizier gleichgiltig sei, ob er bei der Betrachtung seiner Karte sich des geologischen Charakters der Landschaft bewußt ist, oder nicht. Man braucht jedoch z. B. nur daran zu denken, wie verschieden sich die Verteidigung eines »Staffelberges« von der eines Granitkopfes gestalten wird, um zu erkennen, daß ein wenig geologische Schulung nicht von Nachteil sein kann. So wird aus dem Kriege der Engländer im Jahre 1881 gegen die Buren berichtet, daß diesen die Erstürmung des Majuba in den nördlichen Drakensbergen deshalb gelang, weil sie die zahlreichen toten Winkel des Gehänges, die von den Geschützen auf der Höhe nicht genügend bestrichen werden konnten, auf das geschickteste auszunützen verstanden. Wie man weiß, ist der Majuba ein ausgeprägter Tafelberg, d. h. die aus ungestört liegenden teils härteren, teils weicheren Schichten mit entsprechend wechselndem größeren und geringeren Böschungswinkel herausgearbeitete Bergform.

Sollte ich zum Schluß noch ein Beispiel aus meiner Umgebung anführen, so sei auf den Unterschied zwischen der uruguayischen flachgewellten und der argentinischen völlig ebenen Pampa hingewiesen. Die Wellung der ersteren erklärt sich aus der geringmächtigen Bedeckung des Grundgebirges durch den Pampaslehm; die Wellung ist, obwohl die Höhenunterschiede geringfügig sind und eine bestimmte Richtung der Wellen nicht erkennbar ist, doch so lebhaft, daß sie in den Senken gute Deckung gegen Sicht und zwar für überraschend große Truppenmassen abgibt. Mit wenigen Worten geologischer Erklärung werden sich auch hier dem Offizier das Wesen der Oberflächengestaltung und die daraus zu ziehenden Schlüsse einprägen.

Recht wünschenswert ist es allerdings, — damit komme ich auf die letzten Worte des G. STEINMANN'Schen Aufsatzes zurück — daß die Geologie in Deutschland volkstümlicher und daß auch so der künftige Offizier einige geologische Grundbegriffe aus der Schule mitbekommen würde. Solange aber unser Fach in der Ausbildung naturwissenschaftlicher Oberlehrer so stiefmütterlich wie bisher behandelt wird, ist an eine Besserung nicht zu denken.

K. WALTHER (Montevideo).

### Bemerkung zu der Besprechung über Kriegsgeologie (auf S. 315).

Von W. SALOMON.

Herr Major KRANZ bittet darum, als seine Ansicht auf Grund langjähriger praktischer Erfahrung in militärischer Wasserversorgung zum Ausdruck bringen, »daß ich der Anregung von KÖNIG nicht zustimmen kann, die Kriegsgeologen auch als Hilfsbakteriologen zu verwenden. Denn die bakteriologisch-mikroskopische Trinkwasseruntersuchung wird seit langem beim Militär von Ärzten ausgeführt, dafür existieren schon längst regelrechte Organisationen. In Festungen z. B. veranlaßt der »Garnisonarzt« sowohl die chemische wie die bakteriologische Untersuchung, für das Operationsheer geben die »Anlagen zur Kriegs-Sanitätsordnung« vom 27. Januar 1907 in Ziffer 1—32, Seite 1—5, eingehende Anweisungen darüber; die chemische Trinkwasseruntersuchung erfolgt danach bei der Sanitätskompagnie

und dem Feldlazarett durch den Oberapotheker, die mikroskopisch-bakteriologische im Felde durch den Hygieniker beim Korpsarzt usw. Ich würde es für einen Fehler halten, diesen bestehenden Organisationen ihren altgewohnten Anteil an den Trinkwasseruntersuchungen abnehmen und den Geologen noch mehr aufbürden zu wollen, was sie nicht bereits können. Im Feld muß der Geologe an sich schon so viel neue praktisch-technische Dinge erlernen und wissenschaftlich auswerten, daß er froh sein kann, wenn dieser wichtige Zweig der Trinkwasseruntersuchung von vorgebildeten Fachleuten ausgeübt wird. Der Geologe soll ebensowenig wie der Techniker und Hygieniker die Wasserversorgung allein bearbeiten, man lasse jedem von ihnen seinen Anteil daran und ziehe nötigenfalls auch den Physiker zu Rate.« Hierzu möchte ich bemerken, daß KÖNIG bei seiner Anregung wohl auch nicht im Sinne hatte die Hygieniker bei der bakteriologischen Untersuchung durch Geologen zu ersetzen; und ich selbst habe ja ausdrücklich hervorgehoben, daß diese mit den Hygienikern zusammen arbeiten sollten. Es scheint mir aber trotzdem erwägungswert zu sein, ob nicht die Geologen bei ihrem Studiengang soviel von den bakteriologischen Methoden erlernen sollten, daß sie im Notfall einfache Untersuchungen selbst auszuführen in der Lage wären. Und dieser Notfall kann im Kriege, auf Forschungsreisen und bei der Tätigkeit in Kolonien sehr leicht eintreten.

---



## V. Geologische Vereinigung.

### Unsere Toten.

### Kurt Stamm

(Tafel XIX.)

war, ein Sohn des Lehrers EMIL STAMM und seiner Frau HEDWIG, in Elberfeld am 30. November 1887 geboren. Nachdem er am Gymnasium seiner Vaterstadt das Zeugnis der Reife erlangt hatte, widmete er sich zunächst in Jena und Berlin, dann in Bonn dem Studium der Naturwissenschaften. Hier brachte er sein Studium im Jahre 1911 zum Abschluß durch Ablegung der Prüfung für das höhere Lehramt; zugleich erwarb er sich den Dokortitel. Er hatte sich in Mathematik und in allen Naturwissenschaften gründlich ausgebildet, dabei aber eine besondere Vorliebe für Geologie gefaßt. Im besonderen beschäftigte er sich mit der Frage, ob und wo sich in dem Rheinischen Schiefergebirge Spuren der Eiszeit nachweisen ließen. Seine ausgedehnten Begehungen im Hohen Venn, in der Eifel, im Hunsrück und im Taunus führten ihn zu dem Ergebnisse, daß nur das Hohe Venn, vielleicht auch der Hunsrück, Andeutungen früherer Vereisung, im besonderen in der Form der sog. Steinströme erkennen läßt. Im Anschluß hieran verfolgte er die Entstehung der Oberflächenformen der Eifel und verfaßte in der Eifel-Festschrift eine lebendige Schilderung für einen weiteren Leserkreis. Zwei sehr sorgfältige Besprechungen über Schuttbewegungen und über die Bedeutung der Windwirkung für den Ackerbau sind in der Geologischen Rundschau enthalten.

Während seiner zweijährigen Tätigkeit als Assistent am geologischen Institute in Bonn verfertigte er eine Reihe von lehrreichen Gipsmodellen für den geologischen Unterricht, die die Firma KRANTZ in den Handel bringt. Er besaß für solche Arbeiten ein ausgesprochenes Geschick.

Zur Untersuchung von Erdöllagerstellen verpflichtete er sich im Jahre 1912 nach Borneo, wo seine gutachtliche Tätigkeit ihm auch Raum für geologische Beobachtungen ließ. Kaum war er im Sommer 1914 nach Bonn zurückgekehrt um seine geologischen Beobachtungen auszuarbeiten, als der Krieg ausbrach. Er trat sofort als Freiwilliger beim Infanterie-Regiment Nr. 160 ein und rückte gegen Ende des Jahres ins Feld. Sehr bald schon, am 6. Januar 1915, fiel er in den Kämpfen bei

St. Souplet in der Champagne. Mit ihm ist ein außerordentlich fleißiger und gewissenhafter Forscher dahingegangen, an dem auch seine Familie unendlich viel verloren hat.

Seine Veröffentlichungen sind:

Schuttbewegungen. Sammelbesprechung. Geol. Rundschau, **2**, S. 162—177, 1911.

Glazialspuren im Rheinischen Schiefergebirge. Gekrönte Preisarbeit und Doktorschrift. Verh. Naturhist. Ver. d. preuß. Rheinl. u. Westf. **69**, S. 151—214, 2 Taf. 1912.

Die Wirkungen des Windes und seine Bedeutung für den Ackerbau. Sammelbesprechung. Geol. Rundschau **3**, S. 360—373, 1912.

Entstehung der Oberflächenformen der Eifel. Eifel-Festschrift, S. 95—123, 18 Textfig., 1913.

Ferner die noch ungedruckten Beobachtungen über die Geologie und Geographie gänzlich unbekannter Gebiete von Nordost-Borneo, die von ungewöhnlicher Sorgfalt zeugen. Sie werden nach seinen Tagebüchern und Aufsammlungen so gut es geht von Professor WANNER zusammengestellt und veröffentlicht.

STEINMANN.





Kurt Stamm.



Walther Klien.





## Walther Klien.

(Tafel XIX.)

WALTHER GEORG KLIEN, erster Assistent am geologischen Institut und an der Bernsteinsammlung der Universität Königsberg i. Pr., fiel am 12. Februar 1915 als Kompagnieführer im 4. Preuß. Grenad.-Regt. Nr. 4 bei der Verteidigung des Dorfes Thalussen bei Lyck gegen eine russische Übermacht. Mit ihm ging ein verdienstvoller junger Kollege von uns, dessen Betätigung bei der Neueinrichtung der Kgl. Bernsteinsammlung und bei der Instandsetzung der Hauptstation für Erdbebenforschung in Groß-Raum ein bleibendes Andenken gebührt.

Geboren am 18. Dezember 1881 als Sohn des Vorstandes der chemisch-landwirtschaftlichen Versuchsstation zu Königsberg, Professor Dr. KLIEN studierte KLIEN in Königsberg und Jena drei Semester Naturwissenschaften, um sich im Jahre 1905 unter der Leitung seines stets besonders verehrten Lehrers v. KOKEN in Tübingen speziell der Ausbildung in der Paläontologie und Geologie zu widmen. Im Jahre 1908 hatte er seine Dissertation, die Bearbeitung der Pectiniden und Limiden des württembergischen Malms, beendet.

Im Februar des Jahres 1909, kurz nachdem im Jahre 1908 der Unterzeichnete mit der Einrichtung eines selbständigen, geologischen und paläontologischen Instituts begann, das von dem Institut für Mineralogie und Petrographie unter FR. RINNES Leitung abgetrennt und mit der von E. SCHELLWIEN eingerichteten Kgl. Bernsteinsammlung vereinigt wurde, trat KLIEN in seinen Wirkungskreis ein, dem er bis zu seinem Ende treu blieb.

Sein gründliches Wissen und Können, sein ganz hervorragender Ordnungssinn, sein großer Fleiß, seine Neigung für harmonische und schöne Ausgestaltung der Sammlungen, sind dem Institut sehr zum Vorteil geworden. Seine volle Arbeitskraft hat er dem Institut, dessen Aufschwung er voller Freude miterlebte, gewidmet. Als der Unterzeichnete in den Frühjahren 1913 und 1914 geologische Studienreisen nach Oberitalien und Dalmatien ausführte, kostete es große Überredung, KLIEN während dieser Wochen zur Aufgabe seiner Sammlungsarbeiten zu bewegen. Nur Tage der Ferien hat er während der langen Reihe von Jahren außerhalb des Instituts verbracht. Die vollständig gleich gerichteten Bestrebungen hatten ihn mir zum nahen und treuen Freunde gemacht; häufig gelangte eine harmonische Verschmelzung der beiderseitigen, verschiedenartigen Anregungen dem Institut zum Nutzen. Sieben inhaltsreiche Jahre haben wir in Königsberg zusammen verlebt.

Als der Neubau des Instituts im Jahre 1913 beendet war, widmete sich KLIEN, da er an den Übungen sowie am Lehrbetrieb keinen Anteil hatte, besonders der Neuaufstellung der Bernsteinsammlung, die in erster Linie sein Werk ist, und sodann der Neuaufstellung der ostpreußischen Provinzialsammlung, welche seit den Jahren der Wirksamkeit von A. JENTZSCH in Königsberg eine große Anzahl ungewöhnlich schöner Stücke besaß. Nachdem das kgl. Ministerium im Jahre 1910 die Mittel zur Errichtung einer Hauptstation für Erdbebenforschung an der Universität Königsberg bereitgestellt hatte und ein hierfür geeigneter Platz in der Forst Groß-Raum gefunden worden war, wurde KLIEN auch mit der Assistenz bei dieser Station betraut. Eine vierteljährige Ausbildung im geophysikalischen Institut zu Göttingen unter Herrn Geheimrat WICHERT ging dem Beginn der Arbeiten an der Station in Groß-Raum voraus. Die bis zum Kriegsausbruch monatlich versandten Berichte der Station an 83 in- und ausländische Stationen wurden von ihm verfaßt.

Die ausschließliche Betätigung im Interesse des Instituts ließ KLIEN zu wissenschaftlichen Veröffentlichungen nur wenig Zeit. Außer seiner Dissertation ist von ihm ein angefangenes Manuskript über die Zweischaler des außeralpinen Muschelkalkes in Sardinien nach dem von dem Unterzeichneten gesammelten Material hinterlassen worden.

Sein Leben stand unter dem Zeichen der Pflicht und der Treue und ebenso sein Ende für Kaiser und Vaterland. Als ihm das tödliche Geschoß bereits im Herzen saß, hauchte er sein Leben mit den Worten aus: »Und doch sollen sie das Dorf nicht haben, Gott helfe Euch, meine tapferen Jungen.«

TORNQUIST.



## Einladung

zur

### Hauptversammlung der Geologischen Vereinigung.

Samstag den 8. Januar 1916, nachmittags 3 Uhr

in Frankfurt a. M. im Großen Hörsaal des Senckenberg-Museums, Viktoriaallee 7.

#### Tagesordnung:

1. Geschäftssitzung:

Jahresbericht, Vorstandswahlen.

2. Angemeldete Vorträge:

Dr. KLÜPFEL (Metz): Über die Sedimente der Flachseen im Lothringer Jura.

G. STEINMANN (Bonn): Über das Callovien in Lothringen.

Dr. HÜFFNER: Über das Devon des Bosporus.

W. VIETOR: Über den Koblenzquarzit der unteren Lahn, der Mosel und der Eifel.

G. STEINMANN: Über die Bedeutung des Pazifik für die Erdgeschichte.

Anmeldung weiterer Vorträge erbeten an Dr. DREVERMANN, Frankfurt a. M., Viktoriaallee 7.

Abends: Zwangloses Beisammensein im Restaurant Kaiserkeller (vom Museum mit Straßenbahnlinie 4 bis Kaiserstraße fahren).

Im Anschluß an die Versammlung ist am Freitag den 7. Januar nachmittags 3 Uhr eine Besprechung der im Heeresdienst arbeitenden Geologen (in geschlossener Sitzung) zum Austausch von Erfahrungen in Aussicht genommen. Eine rege Beteiligung, auch von seiten derjenigen Kriegsgeologen, die nicht der Geologischen Vereinigung angehören, wäre sehr erwünscht. Zu dieser Sitzung werden noch besondere Einladungen ergehen.

Die fälligen Jahresbeiträge für 1916 bitten wir bis spätestens  
Ende Februar an den Kassensführer;

**Frau Professor Drevermann,  
Frankfurt a. M.-Eschersheim, Häberlinstraße 57**

eininzahlen.

---

6 DEC 1919





*An den Schriftleiter 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 Schriftleiter Professor O. Wilckens, Straßburg i. E., Ruprechtsauer Allee 22:*

Besprechungen aus den Gebieten: Stratigraphie, Regionale Geologie.

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

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

In der Niederschrift sind zu bezeichnen:

Verfassernamen ~~~~~ (Majuskel), Versteinerungsnamen ——— (kursiv), wichtige Dinge ————— (gesperrt), Überschriften = = = = (fett).

## Auszug aus den Satzungen der „Geologischen Vereinigung“.

### § 3. Mitgliedschaft.

*Die Anmeldung zur Mitgliedschaft erfolgt an den Kassensführer\*.* Das Eintrittsgeld beträgt 5 M., der Jahresbeitrag 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**“ (8 Hefte zu 4—5 Bogen im Jahre) unentgeltlich und portofrei zugestellt.

*Der Jahresbeitrag ist bis Ende Januar an den Kassensführer\* 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:

Vorsitzender:	<b>E. Kayser</b> (Marburg)
Stellvertret. Vorsitzender:	<b>R. Lepsius</b> (Darmstadt) †
»	<b>G. A. F. Molengraaff</b> (Haag)
»	<b>P. Termier</b> (Paris)
»	<b>Ch. Schuchert</b> (New Haven)
Schriftführer:	<b>Fr. Drevermann</b> (Frankfurt a. M., Senckenbergisches Museum, Victoria Allee 7)
Stellvertret. Schriftführer:	<b>R. Liesegang</b> (Frankfurt a. M.)
Schriftleiter	<b>G. Steinmann</b> (Bonn, Poppelsdorfer Allee 98)
»	<b>W. Salomon</b> (Heidelberg)
»	<b>O. Wilckens</b> (Straßburg i. E.)
* Kassensführer:	Frau <b>R. Drevermann</b> , (Frankfurt a. M.-Eschersheim, Häberlinstr. 57).

Die *früheren Jahrgänge der Geologischen Rundschau* können von den *Mitgliedern der Geologischen Vereinigung* durch den *Kassensführer* zum Preise von *M. 10.—* bezogen werden.

Soeben erschien:

# G E O L O G I E

VON

DR. ALEXANDER TORNQUIST

K. K. ORD. PROF. AN DER TECHN. HOCHSCHULE ZU GRAZ

---

---

## I. TEIL. ALLGEMEINE GEOLOGIE

---

---

Mit 235 Abbildungen im Text und einem Titelbild.  
564 Seiten gr. 8. Format: 16×24. Gewicht: 1267 bzw. 1472 g  
Geheftet M 27.—, in Halbleder gebunden M 30.—

### Aus dem Vorwort des Verfassers:

Ohne Zweifel hat die geologische Wissenschaft in den letzten zwei Dezennien eine wesentlich andere Grundlage erhalten, welche in ihrer Darstellung im Raume eines neuen Buches schärfer zum Ausdruck kommen muß, als in Neuauflagen älterer Handbücher. Aus sich heraus hat die geologische Forschung die Begriffe der Geotektonik, der Struktur unserer Gebirge, revolutioniert und das Verständnis der Sedimentgesteine wesentlich vertieft. Von außen her sind ihr durch die fortschreitenden geophysikalischen Erkenntnisse, durch die Vertiefung der Geomorphologie, der Meeresforschung, durch die Entdeckung der Radioaktivität der Gesteine, die Fortschritte der Paläontologie und der Paläobiologie, und durch die neuen Anschauungen über die Entstehung der kristallinen Schiefer und die Erstarrungsvorgänge der Intrusivgesteine eine große Anzahl neuer oder besser fundierter Begriffe beschert worden, von deren Verwertung sie in immer ausgebreiteterer Weise Gebrauch zu machen berufen ist.

Die Basis der geologischen Forschung ist damit eine breitere geworden und diese Basis ausführlicher zu behandeln als bisher, wollte ich mir besonders angelegen sein lassen.

Ferner erlangen auf die Abfassung eines jeden Lehrbuches die von dem Verfasser im Laufe seiner Forschertätigkeit gemachten Beobachtungen und wissenschaftlichen Erfahrungen einen besonderen Einfluß. In dem vorliegenden Handbuch sind daher nicht nur stratigraphische und tektonische Darstellungen enthalten, welche nur teilweise in Spezialarbeiten niedergelegt sind, sondern auch die Wiedergabe allgemeiner geologischer Verhältnisse steht unter dem Einfluß eigener jahrelanger Beobachtung des Meeresstrandes, der Windwirkung, der Verhältnisse im norddeutschen Glazialland und der Erdbebenercheinung und der geologischen Verhältnisse der Länder des westlichen Mittelmeeres und der Ostalpen.

Ein gütiges Geschick hat den Verfasser im Laufe seiner wissenschaftlichen Betätigung in Gebieten verschiedensten geologischen Charakters amtieren und arbeiten lassen. —

Die Drucklegung des Werkes ist durch den lange andauernden Krieg, in dem der Verf. vier Monate bei der Deutschen Armee gestanden hat, naturgemäß stark verzögert worden, so daß zunächst nur der erste Teil, die **allgemeine Geologie** behandelnd, herausgegeben werden konnte.

Der 2. Teil (Schluß) wird voraussichtlich im Jahre 1916 erscheinen und das Register zu beiden Teilen enthalten.

Dieses moderne Handbuch der Geologie bitte ich allen Geologen zur Ansicht vorzulegen. **Ankündigungen** stelle ich kostenlos zur Verfügung.











