

# DAS SCHICHTUNGSPROBLEM, EIN BEITRAG AUS DEN TURINER BERGEN („COLLI TORINESI“)

VON

C. BEETS, Leiden.

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
1. Vorbemerkungen . . . . .	39
2. Die Schichtungsfrage an Hand des Turiner Tertiärs.	
a. Einleitung . . . . .	39
b. Das Schichtungsproblem . . . . .	41
c. Andere Ansichten über die etwaige Lösung der Schichtungsfrage, nebst anschliessenden Bemerkungen . . . . .	49
3. Beitrag zur Lösung der Frage der repetierten Kalkbildung, im Lichte der Schichtungsfrage gesehen . . . . .	55
4. Notizen . . . . .	57
5. Literaturverzeichnis . . . . .	61

## 1. VORBEMERKUNGEN.

Bei unserer Untersuchung der Geologie des Turiner Beckens veranlasste uns die dort aufgefundene Tertiärsedimentation uns mit dieser faszinierenden Erscheinung näher zu beschäftigen. Schon früher haben sich eine Reihe von Forschern mit diesem Problem auseinandergesetzt, und man muss annehmen, dass die Einteilung der verschiedenen Schichtungsarten — sedimentäre Phänomene von höchster Bedeutung — am besten *genetisch* zu erfolgen hat, wie u. a. KUMM (20) und BRINKMANN (7) es getan haben. Dazu zwingen uns auch die geologischen Verhältnisse, auf die wir an erster Stelle mit einigen Bemerkungen über das Tertiär der Turiner Berge eingehen wollen. Wir können hier nur kurz die wichtigsten Daten und Ansichten über die Entstehungsweise bestimmter Schichtenfolgen zur Sprache bringen; für nähere Einzelheiten der hier benutzten geologischen Belege verweisen wir auf eine ausführliche Arbeit über das Turiner Tertiär: BEETS (5).

Mit verschiedenen Autoren verstehen wir unter Schichtung den vertikalen Material- und (oder) Texturwechsel innerhalb einer Gesteinsserie, welcher sowohl in beschränkter wie auch mehr ausgebreiteter horizontaler Richtung ungefähr gleichzeitig stattfindet (cf. auch KUMM, 20, S. 199). BRINKMANN (7) gibt eine ausgezeichnete Uebersicht der verschiedenen Schichtungsarten, die man bisher beobachtet hat, und ihrer möglichen Erklärungen; so auch DACQUÉ (9): eine allgemeine Uebersicht. Wir wollen dann besonders jene komplexe Schichtung, die von STAMP (26) besprochen wurde, und die hier u. a. in Abb. 2b dargestellt ist, näher behandeln. Von dieser Art komplexer Schichtung bestehen manche Varianten, die zwar zuweilen als prinzipiell abweichende Typen dargestellt werden, aber u. E. die gleiche Entstehungsursache haben und nur graduell verschiedenen Genesen zugrunde liegen: Abb. 2a—c und Abb. 4a—b.

## 2. DIE SCHICHTUNGSFRAGE AN HAND DES TURINER TERTIÄRS.

a. *Einleitung.* Wir heben sogleich einen für unseren Zweck wichtigen Teil der Turiner Berge hervor und wiederholen gleichzeitig kurz einen wichtigen Abschnitt der Sedimentationsgeschichte, nämlich des *Oligocäns*. Wir müssen uns dabei vielfach auf bekannte Pfade begeben, um zu verdeutlichen, dass das Turiner Tertiär in Bezug auf die uns interessierende Frage keine Sonderstellung einnimmt, aber doch gewisse Merkmale aufzeigt, die uns zu einer anderen Auffassung alter Probleme bringen.

Die Art Schichtung der — wie wir sie nennen wollen — Mikrozyklen, wie sie u. a. die Abb. 2b darstellt, ist besonders schön im *Tongrien* des hiesigen Gebietes vertreten, und man kann die regelmässige Alternierung von (Sand + Mergel)-Zyklen von je insgesamt etwa 5 bis 40 cm Mächtigkeit

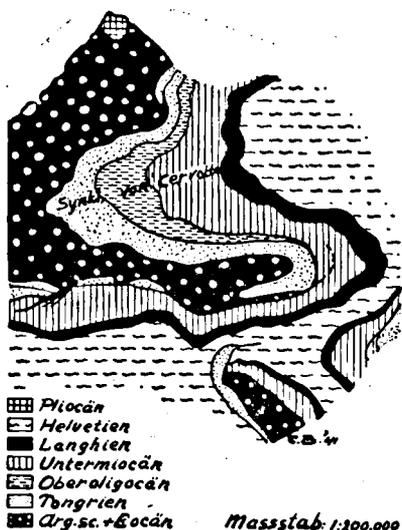


Abb. 1.

Der östliche Teil des in Lit. 5 behandelten Gebietes in den Turiner Bergen.

in den Abb. 2 und 4 dargestellt wird, ihre primäre Hauptursache in der wiederholten Zerstörung von verschieden fern bis vollkommen entwickelten Gleichgewichtsprofilen am Boden eines Sedimentationsraumes findet. Diese Störungen des Gleichgewichtes müssen wohl durch eine Eigenschaft, die allen Erdteilen mit schöner Mikrozyklenalternierung gemein ist, verursacht werden, nämlich durch repetierte Schwankungen der Intensität der im grossen und ganzen „kontinuierlichen“ Bodensenkung.

Nachdem eine (plötzliche) Senkung des Meeresbodens in einem labilen Erdteil, in dem eine vorhergehende Sedimentation einen grösseren oder kleineren Teil eines Gleichgewichtsprofils bildete, wurde dadurch z. B. ein Teil des Meeresbodens, der sich im Uebergang zum Lande befand, und an dem entlang klastische Produkte transportiert wurden, über das Gleichgewichtsprofil hinaus erhoben [im Turiner *Tongrien* bestand in dem im ganzen sinkenden Becken ein Landsaum von ziemlich konstantem Umfang, der nur so erhalten bleiben konnte, da die Senkung der angrenzenden Sedimentationsbecken gleichzeitig stattfand mit einer zufälligerweise ebenso starken Hebung des Landsaums]. Die über das Gleichgewichtsprofil hinausragenden Sedimente fielen erodierenden Kräften zum Opfer. Zugleichzeitig wurde ein anderer Teil des Sedimentationsbeckens (mehr) von dem Gleichgewichtsprofil entfernt, war also (wieder) imstande, Sediment aufzunehmen, so u. a. der durch die Hebung überflüssige Teil der Ablagerungen des obenerwähnten Land-Meeresbecken-Uebergangsbereiches.

Durch eine im grossen und ganzen regelmässige Wiederholung dieser Prozesse wird u. E., nebst verschiedenartigem Verlauf der Erosions- und Sedimentationsvorgänge, die in gewissen Teilen eines Sedimentationsraums fehlende Schichtung verursacht, welche in anschliessenden Teilen übergeht in die allmählich besser entwickelte *s + m*-Alternierung (oder Abwechslung von Kalk-Sand bis Kalk-Mergel), bis endlich diese Abwechslung wieder verschwinden kann in Abschnitten des Beckens, wo eine Mikrozyklenabgrenzung

am besten im östlichen Teil des Gebietes beobachten, besonders in der sogenannten *Synklinale von Cervotto* (cf. Abb. 1), wo das (dort) maximal etwa 600 m wahrnehmbar mächtige *Tongrien* fast ausschliesslich die in der Abb. 2 dargestellte, schöne, etwa 6000-fache Wiederholung (nur im Zentrum der Synkl.) von Sand- und Mergelablagerungen aufweist: im folgenden *s + m* gekürzt. KUMM (20) hätte diese Abwechslung eine von Bänken Sand und Mergel [oder Kalk und Mergel (bezw. Sand): Abb. 4a, 8] gebildete Abwechslung genannt; man hat hier mit einer stetigen Wiederholung zweier Arten regelmässig ineinander übergehender Bänke zu tun.

Im folgenden möchten wir den Leser einführen in die Gedankenentwicklung, die uns speziell an Hand des Turiner *Tongriens* zu dem Schluss führte, dass die mehr oder weniger regelmässige Alternierung der Mikrozyklen, wie sie z. B.

durch Fehlen von Gegensätzen, was den lithologischen Charakter der etwaigen Sedimente anbetrifft, nicht mehr stattfinden konnte, oder auch gar keine Niederschläge gebildet werden konnten.

Es zeigte sich, dass die gut ausgebildeten, also scharfen, bis dagegen schlecht entwickelten Mikrozyklengrenzen dem horizontalen Verlauf der Sedimentation folgen und dadurch bestimmt werden. Auch scheint das Problem der Mikrozyklenentstehung wohl sehr stark verknüpft zu sein mit dem Phänomen der „Grosszyklen“, wie es uns in manchen Becken mehr oder weniger deutlich entgegentritt.

**b. Das Schichtungsproblem.** Die Sedimentationsgeschichte des Turiner *Oligocäns* lehrt uns, dass das Zentrum der Synklinale von Cervotto für das ganze *Oligocän* die Stelle war, an der in dieser Gegend die grobkörnigsten Ablagerungen (in relativem Sinne) gebildet wurden (cf. Abb. 3), und besonders sei erwähnt, dass man in diesem Zentrum von unten nach oben im *Tongrien* eine im grossen und ganzen regelmässige Veränderung des Schichtungsbildes wahrnehmen kann, wie respekt. auf den Abb. 2a, b und c

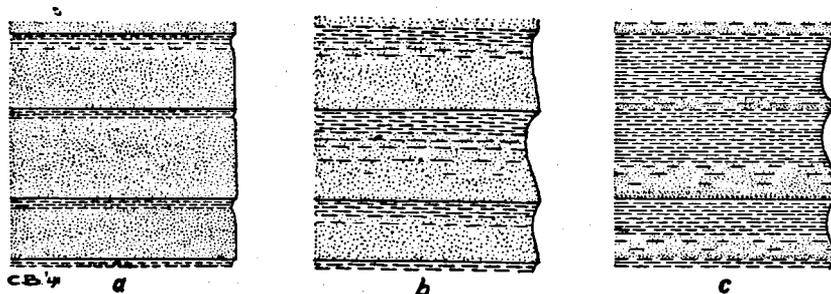


Abb. 2.

Mikrozyklen im *Tongrien* des Turiner Tertiärs, besonders in der sogen. Synkl. v. Cervotto (cf. Abb. 1). Der Deutlichkeit halber wurden die Zyklengrenzen in gleicher Höhe gezeichnet; die Zyklen sind daher scheinbar gleich mächtig.

Masstab etwa 1: 5 bis etwa 1: 40.

zu sehen ist. Die letztgenannte Bankungsart führt in dem gleichen Gebiet über in die fast ausschliesslich mergelige Sedimentation des *Oberoligocäns*: cf. Abb. 3, Karte 2. Aber auch im horizontalen Sinne sieht man, vom Zentrum der Synklinale nach N.E. und S.E. bis E. gehend, die gleiche Veränderung! Das Schichtungsbild des *unteren Tongriens* verändert sich von Abb. 2a in Abb. 2b; das *mittlere Tongrien* von Abb. 2b in Abb. 2c, das *obere Tongrien*, Abb. 2c, in eine noch etwas mergelreichere Schichtung. Es geht daraus u. E. klar hervor, dass die Abb. 2a, b und c genetisch gesprochen nur Varianten der gleichen Mikrozyklenbildung darstellen.

Die Sedimentationsgeschichte des Turiner Tertiärs (cf. Abb. 6) lehrt ferner, dass nach dem *Eocän* im hiesigen Gebiet eine Faltung stattfand. Dabei entstand im W. des Meeresbeckens ein Landstreifen, während in der Südhälfte noch ein kleines Landgebiet durch diapyr Empordringen der plastischen *Argille scagliose* entstand. Der Landsaum, der übrigens vielleicht schon im *Jungeocän* angedeutet war, wie uns die Verbreitung gewisser feinkonglomeratischer Bänken lehrt, hatte im *untersten Tongrien* einen grösseren Umfang; später zog er sich zurück auf ein Gebiet beschränkten, ungefähr konstanten Umfangs: cf. Abb. 3, Karte 1. Im sonstigen Teil des Gebietes fand mehr oder weniger starke, stetige Bodensenkung statt: cf. Isopachenorientierung. Im *Oberoligocän* breiteten sich die Landgebiete im Turiner Becken aus (cf. Abb. 3, Karte 2), und die Sedimentation des *Tongriens* führte in die mergelreiche des *Oberoligocäns* über. Prinzipiell gesprochen blieben aber etwa gleiche Verhältnisse bestehen (nebst teilweiser Aenderung der Isopachenorientierung); erst

im *Untermiocän* verändern die geologischen Verhältnisse sich mehr: fast alle Landgebiete des *Oligocäns* sanken im Meere unter, obwohl sie noch immer im Isopachenbild angedeutet blieben, und auch letzterer weist ein etwa gleiches Bild auf. Aber die Sedimentation fand jetzt in Säumen grobkörnigerer und feinerer Sedimentation statt, die die Richtungen der Isopachen zumeist schneiden: cf. Abb. 3, Karte 3. Das gleiche gilt für das *Jung-Untermiocän* und das sonstige *Miocän* (teilweise abweichend: *mittleres Helvetien*).

Wie sind nun die Isopachen-„Becken“ und -„Schwellen“ zu deuten? Besonders die Sedimentation in verschiedenen Säumen zeigt deutlich, dass wir die „Schwellen“ nicht als Untiefen deuten müssen: dann wäre unzweifelhaft eine andere Sedimentverteilung zu erwarten! Es sind dies besondere Stellen eines Sedimentationsraums mit einem im allgemeinen flachen Boden, welche während der allgemeinen Bodensenkung und Sedimentation relativ langsamer sanken, die Stellen der Isopachen-„Becken“ dagegen relativ schneller: sie vergegenwärtigten im allgemeinen keine deutlich tieferen Stellen des grossen Beckens.

Schon öfters wurden derartige Erscheinungen beobachtet, und die meisten Geologen (cf. auch *Notiz 1*) konstatieren in verschiedenem Sinne einen Zusammenhang zwischen derartigen Isopachenkonfigurationen und solchen, welche verursacht wurden durch tektonische Prozesse, die vor, während und nach der Sedimentation stattfanden. Auch im Turiner Tertiär müssen derartigen Konfigurationen langsame Bewegungen des Untergrundes des Beckens zugrundeliegen. Diese *epeirogenetischen* Bewegungen wurden in bestimmten Perioden von schnellen, *tektonischen* Bewegungen mit prinzipiell, d.h. qualitativ gesprochen gleichen Tendenzen, ersetzt.

Versuchen wir jetzt gewisse Analogien im Schichtungsbild lithologisch verschiedener Sedimente festzustellen. Der immer wiederholte Uebergang von Sand in Mergel (Abb. 2) zeigt nämlich, dass dieser Uebergang komplex ausgebildet ist und aus zahlreichen Schichten besteht.

Aber auch manchmal wird in der Literatur ein ganzer Mikrozyklus als „Schicht“ erwähnt! Eine solche „Schicht“ fällt dagegen, wie andere Untersucher hervorheben, unter den Begriff der „Grossschichtung“. Merkwürdigerweise (oder muss man sagen *logischerweise!*) — im Zusammenhang mit dieser „Grossschichtung“ sei hier schon daraufhingewiesen — nimmt man öfters, wie auch im Turiner Tertiär, wahr, dass die Art Repetitionsschichtung von  $s + m$ , im grossen beschaut, eine Wiederholung erfahren kann. Man denke z. B. an die Reihenfolge *Tongrien-Oberoligocän, Untermiocän-Langhien, Helvetien-ortonien* (nur die erste ist in regelmässiger Weise überall im Gebiet entwickelt, und doch wieder einigermassen komplex ausgebildet, sowohl horizontal als vertikal, wie noch in stärkerem Masse für das *Miocän* gilt). Man kann auch, in relativem Sinne redend, die letztgenannten Serienfolgen „Grossschichtung“, die soeben erwähnte Grossschichtung (Mikrozyklen) dagegen „Feinschichtung“ nennen. In der hier Mikrozyklen genannten Schichtenfolge kann man dagegen wieder Feinschichtung, die aber jetzt die echte Schichtung ist, wahrnehmen (oder sie kann, oft nur scheinbar, fehlen). Der ganze Begriff der Schichtung hat sich dann auch seit längerer Zeit als ein relativer Begriff herausgestellt und wir können nur annehmen, dass derartige Erscheinungen wie grosse geologische Zyklen ausserordentlich nah verwandt sind mit dem Begriff der Mikrozyklen.

Von obenerwähnter Schichtenfolge  $s + m$  bestehen also manche Varianten, wie u. a. das Turiner Tertiär lehrt, aber die als allmählicher Uebergang besonders ins Auge fallende  $s + m$ -Alternierung der Abb. 2b ist weitaus am schönsten im *Tongrien* der Synkl. v. Cervotto (cf. *Notiz 2*), und innerhalb einer ganzen Serie zu beobachten.

Wir dürfen aus allem wohl schliessen, dass uns in den Abb. 2a, b und c die gleiche Erscheinung entgegentritt, der durch eine nicht qualitativ, sondern nur graduell etwas verschiedene Genese ein anderes Aussehen gegeben wurde.

Sehen wir uns nun die Schichtung des *Langhien*s im Turiner Becken an (cf. Abb. 4a, 8). Mit Rücksicht auf die Tatsache, dass wir im Ueber-

Abb. 3. Darstellung der Korngrössenverteilungen und palaeogeographischen Verhältnisse des *Oligocäns* und des älteren *Untermiocäns* der westlichen Turiner Berge. Der in Abb. 1 dargestellte Teil dieses Gebietes liegt in der östlichen Hälfte, wie man leicht konstatieren kann durch Vergleichung der *Langhien*-Säume: diese wurden auf den Kärtchen nebenstehender Abbildung als Untergrund benutzt.

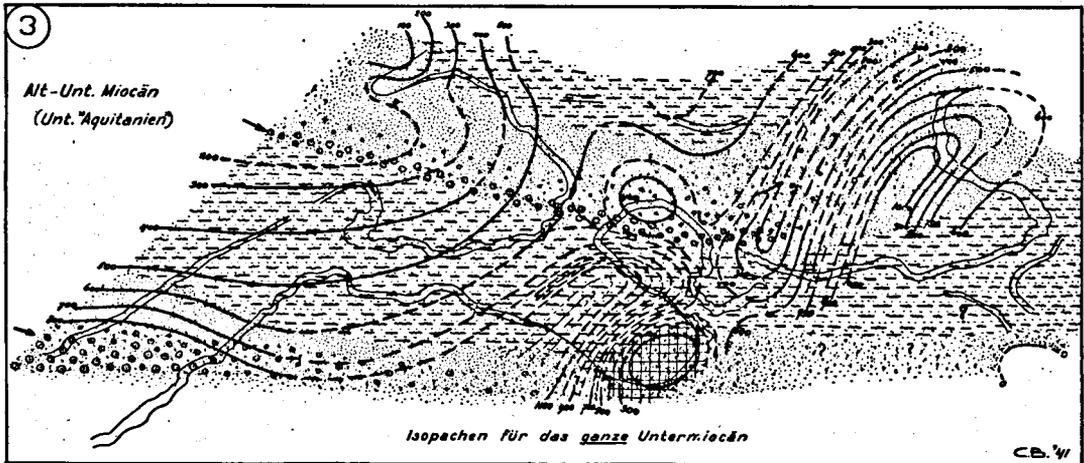
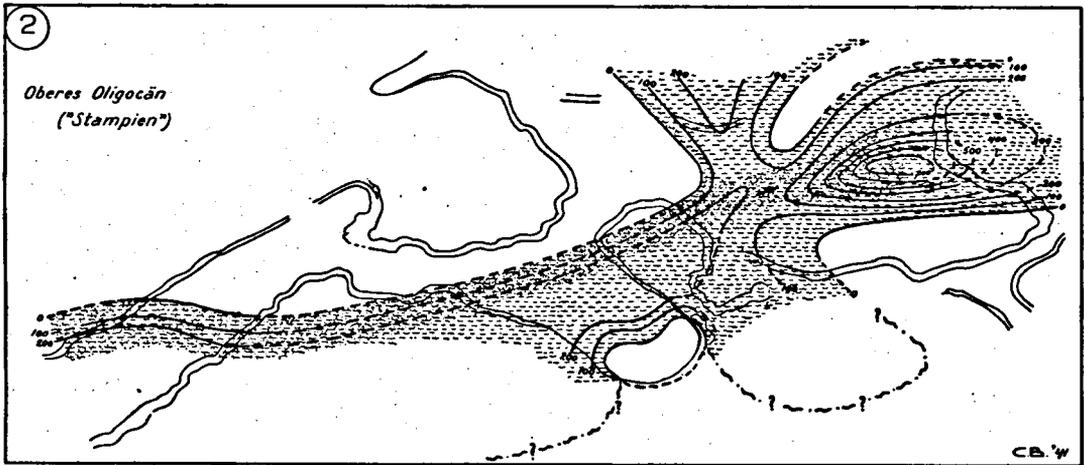
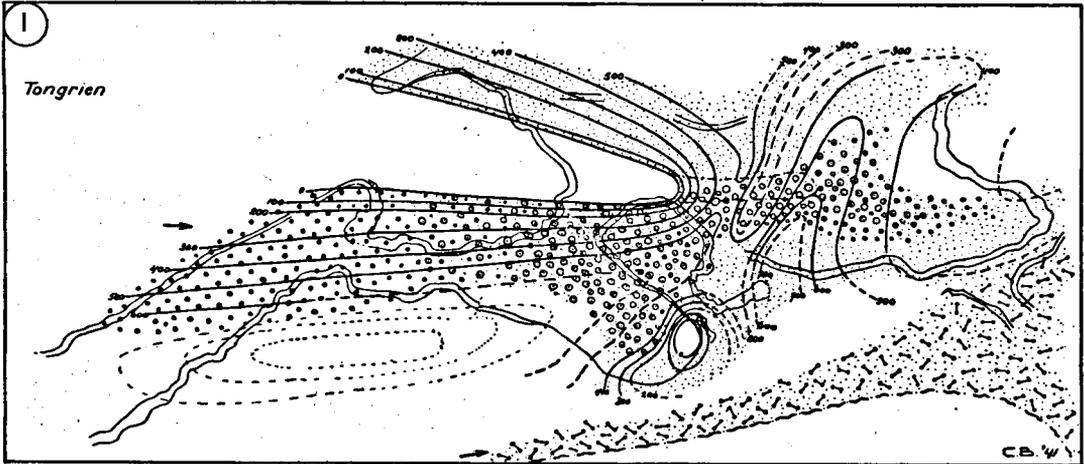


Abb. 3.



wie oben erwähnt wurde, wiederum von W. nach E. (ganz im allgemeinen ausgedrückt); im *Tongrien* noch schärfer ausgesprochen, d.h. im östlichen Teil des damaligen Landstreifens, nahe Casa Coppa (sowie im nordöstl. Teil: bei Moriondo), verändern sich nach dem Osten und N.E. beckenwärts gewisse untere „ungeschichtete“ grobsandige Ablagerungen (d.h. ohne Mikrozyklen) in  $s + m$ -Sedimenten (Abb. 2a), diese wieder in die Alternierung der Abb. 2b und schliesslich in jene der Abb. 2c mit nur teilweise scharfen Grenzen zwischen den sich überlagernden Mikrozyklen.

Es ist also klar, dass Art und Wesen der terrigenen Materialzufuhr und Charakter der Zyklengrenzen einander folgen und bestimmen! Dies macht auch die Annahme WINKLER's (37) [der sogar rippelmarkenähnlich gewellte Zyklengrenzen beobachtete], dass die scharfen Grenzen einer Erosion zu verdanken sind, sehr annehmbar. Bei der Verbreitung der (jetzt) untersten Sandpartikel eines Mikrozyklus über einem Mergelboden wurde ein — selbstverständlich verschieden grosser — Teil dieses Mergels einer  $s + m$ -Bank des Liegenden erodiert; die schwer erodierbaren (cf. TRASK, 31, S. 11) Ton- teileichen wurden nach weiterentlegenen Gebieten geführt.

Aber nicht nur zu jener Zeit fand Erosion statt, denn wir müssen uns mit Hilfe so mancher Isopachenbilder (auch gewisser des Turiner Tertiärs) vorstellen, wie es überhaupt möglich ist, dass eine dünne Serie küstennaher Sandablagerungen, welche keine Mikrozyklen aufweist (dagegen z. B. ein wirriges Schichtungs- bild), überführt in eine gleichaltrige, dagegen mächtige  $s + m$ -Serie; man denke z. B. an das oben erwähnte *basale Tongrien* östlich (bei C. Coppa) und nordöstlich des Landstreifens: cf. Abb. 3, Karte 1. Dies lässt sich nur durch Berücksichtigung der Verhältnisse des *Tongriens* erklären, indem eine wiederholt auftretende Erosion an der ersterwähnten Stelle (cf. *Notiz ?*) stattfand, wobei schneller sinkenden Teilen des Sedimentationsbeckens mehr Material zugeführt wurde und mächtigere Serien entstehen konnten. Innerhalb der „ungeschichteten“ Sandmassen müssen an oft verborgenen Stellen Erosionen stattgefunden haben, welche abhängig waren von dem Masse und der Regelmässigkeit der Senkung sowie der Sedimentation in Gegenden, in denen die Erodierung in stetiger Konkordanz verborgen liegt, oder sich in „intraformationalen“ Diskordanzen äusserte. Tonablagerung fand in weiterabgelegenen, nicht oder nur wenig (cf. TRASK, 31, S. 237) von den Strömungen getroffenen Teilen eines Beckens statt. Das gleiche gilt für viele Serien in verschiedenen Becken, wo dünne Küstenablagerungen übergehen in mächtige Serien von (gleichaltrigen) küstenferneren Sedimenten: in scheinbarem Widerspruch also zu der Tatsache, dass besonders den erstgenannten Beckenteilen überflüssig terrigene Materialien zugeführt wurden, die aber nicht in diesen Gebieten dauernd zum Absatz kamen.

Uebrigens haben wir an einigen Stellen des *unteren Tongriens* der Synkl. v. Cervotto wahrnehmen können, dass gewisse foraminiferenreiche Mikrozyklen in ihrem untersten Teil reichlich besetzt sind mit Bruchstücken von Foraminiferengehäusen (oder Resten davon, die deutlich Spuren der Abreibung aufweisen); während höhere Teile dieser Zyklen die gleiche, jetzt aber schönerhaltene Foraminiferen (es handelt sich um *Camerinae*) enthalten. Es wäre interessant zu wissen, ob andere Untersucher dergleiche Erscheinungen beobachtet haben.

Dieser Prozess von Erosionsvorgängen fand im Turiner Becken, oder sagen wir präziser, östlich des Landstreifens im *Tongrien*, von W. nach E. immer weniger intensiv statt (daher nehmen auch die Zyklengrenzen allmählich an Schärfe ab), bis die Erosion offenbar schliesslich (ganz?) aufhörte.

Das gleiche fand im *Langhien* statt, wobei wahrscheinlich die mehr verfestigten Mergelkalke beim Sandtransport, während eine sich überlagernde Schicht sich bildete, weniger erodiert wurden als der Mergel der  $s + m$  anderer Etagen. Dass im *Langhien* auch Mergel mit scharfer Grenze dem Kalk auflagern kann, ist nicht auf Erosion zurückzuführen, sondern muss einer plötzlichen Verhinderung der intensiven Kalkbildung zu verdanken sein.

Um einen klaren Begriff der Verbindung der Mikrozyklen zu erhalten, müssen wir also den Mergel der Abb. 4b etwas dicker denken, so dass die untere Grenze einer Mergel- (bezw. Sand-) Abteilung der Abb. 4a in angegebener Weise mit der Abb. 4b zu verbinden ist, wobei die Erosion mit in Rechnung gebracht ist.

Auf Grund des obigen könnte man sagen: die Ursache der Mikrozyklenbildung ist also horizontale und vertikale Strömungsänderung. Aber diese Erklärung kann nicht genügen; u. E. sind etwaige Strömungsänderungen keine primären Faktoren, sondern Nebenerscheinungen, welche Phänomenen, die einer anderen Ursache zufolge entstehen, einen mehr oder weniger typischen Stempel aufdrücken. Immerhin sind Strömungsänderungen äusserst wichtige Faktoren für die Entwicklung des Schichtungsbildes zu nennen (vgl. später).

Wir haben damit wohl die wichtigsten Faktoren für den Begriff der Sedimentationsvorgänge des Turiner Tertiärs in verschiedenem Sinne angegeben. Mit Hilfe der Abb. 2a, b, c und Abb. 5 (cf. Abb. 3, Karte 1) und der bisherigen Argumentation kann man nun ungefähr folgender Ansicht sein:

im Küstengebiet des *Tongrien*-Landstreifens, an dem entlang Zufuhr terrigener Materialien stattfand, wie uns besonders deutlich die Konglomerate lehren, wurde Sand transportiert und durch irgendwelche Strömungen (es ist an erster Stelle an turbulente Wasserbewegungen zu denken: cf. TRASK, 31, S. 79 usw.) im Becken verbreitet. Im Gebiete der stärksten Strömungen kam nur das grobkörnigste Material zur Ablagerung, feinkörnigeres Material im allgemeinen (cf. 31, STEYSON) in grösserer Entfernung der Küste (in anderen Perioden des Tertiärs wurden dort schliesslich tonreiche Sedimente gebildet). Aus oben auseinandergesetzten Gründen wird die untere Grenze dieser Ablagerung da am schärfsten sein, wo die Strömungen am besten Erosion ausüben konnten. Also offenbar nimmt diese Wirkung in sehr vielen Fällen zum Zentrum eines Beckens hin ab. Nach einer Periode von relativem Stillstand des Bodens fand verhältnismässig schnelle, also „plötzliche“ weitere Senkung statt.

Die Senkung musste, falls sie überall im Becken erfolgte, auch den Landsaum (dauernd) haben sinken lassen. Dies geschah aber keinesfalls, wie die Sedimentationsgeschichte des *Tongriens* uns lehrt. Dagegen muss die teilweise Senkung des Beckengrundes unbedingt mit einer — ebenfalls kleinen — Hebung des Landsaumes, somit durch langsame Faltung erzeugt, verknüpft gewesen sein: im *Tongrien* geschah diese Krustenverbiegung nur zufälligerweise so, dass der Umfang des Landstreifens etwa der gleiche blieb! Uebrigens fanden diese epeirogenetischen Faltungen im unterseeischen Teil des Beckens verschieden schnell statt: vgl. das Isopachenbild. Dass die N.N.E.—S.S.W.-gerichtete Zone geringfügiger Ablagerung östlich des Landstreifens immer (?) unter dem Meeresniveau blieb, ist ebenso eine Angelegenheit des Zufalls.

Die gleichzeitige Hebung der Küstenregionen und Senkung der angrenzenden Beckenteile schliesst notwendigerweise eine Aenderung des Einfallens des Profils irgendwo im Uebergang zwischen Landsaum und Becken ein. So auch im Uebergang zwischen der N.N.E.—S.S.W.-gerichteten Zone im Becken und in den angrenzenden Teilen des Beckens mit relativ schnellerer Senkung. Dieser Aenderung des Einfallens, und zwar der erhöhten Bereitschaft zur Senkung zufolge, konnte offenbar ein Teil der in der Uebergangszone abgelagerten Sedimente (cf. *Notiz 8*) der unterseeischen Erosion (cf. *Notiz 9*) preisgegeben werden. Die schon gebildeten Sedimente wurden übrigens nur deshalb abgelagert, weil die sie herbeiführenden Strömungen (d.h. auch *erosive* Kräfte!) ihnen nichts mehr anhaben konnten (cf. TRASK, 31, S. 6: „but erosion can be separated from transportation only with difficulty“).

Sodann wurde das im Gebiet mit erneuerter Erosion zum „erstenmal“ (?) abgelagerte Material aus diesem Gebiet weggeführt und irgendwo anders wieder abgelagert, gleichzeitig mit einem Teil des sonstigen, fort-

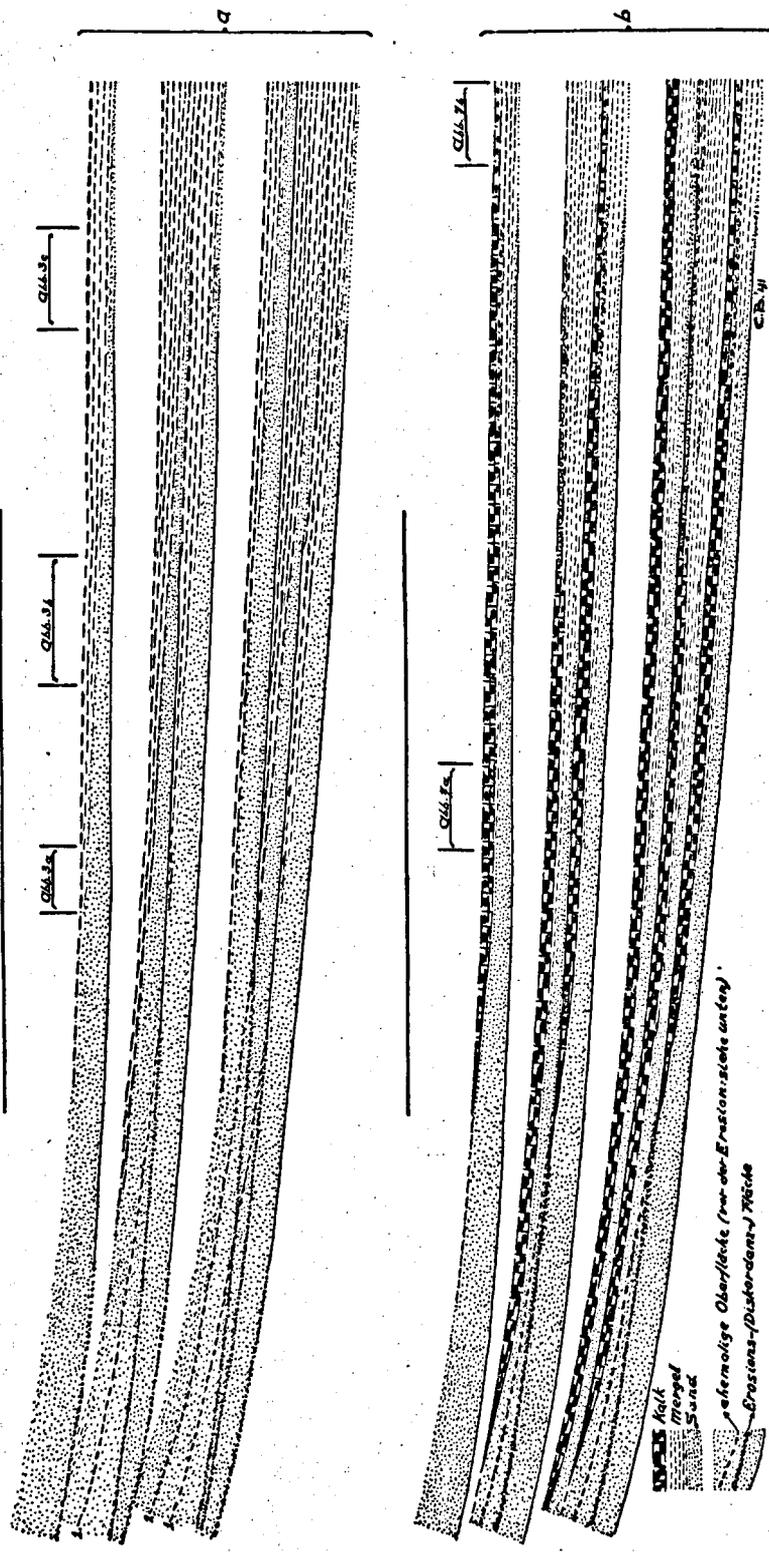


Abb. 5.

(a): Schematisches Profil durch das Turiner Tongrien-Becken (cf. Abb. 3, Karte 1); man muss sich dieses Profil etwa (z. B.) von der östlichen Fortsetzung des Landstreifens im Tongrien-Becken zum N.E. hin denken.  
 (b): Ein gleiches Profil, für das Turiner Langhien zusammengestellt.  
 Beide Profile stellen verschiedene Stadien des theoretischen Verlaufes der Mikrozyklenbildung, respekt. also während des Tongriens und des Langhien vor. Die Zyklengrenzen vergegenwärtigen teilweise konkordante, teilweise diskordante Erosion.  
 Statt Abb. 3 ist Abb. 2, statt Abb. 7 ist Abb. 8 zu lesen.

dauernd am Landsaum entlang transportierten Materials. Dieser Vorgang fand also während einer Periode relativen Stillstandes des Bodens statt.

Im grossen und ganzen können wir uns eine solche Erklärung der Mikrozyklenentwicklung, als eine nur roh skizzierte Basis, vorstellen für den Aufbau weiterer Gedanken, die zur Klärung der Frage des Entstehens der Mikrozyklen führen können.

Warum konnte dieses Ereignis nun etwa in obenskizzierter Weise stattfinden? Wie TWENHOFEL (32, S. 610) sagt, gilt: „Sea bottoms below the profile of equilibrium [cf. *Notiz 10*] receive and retain deposits until built to that level. This is a temporary base level of deposition, and when it is reached no further deposit is made over that part of the sea bottom. Any sediments brought to this bottom are shifted back and forth, the finer ultimately being carried to deeper waters. Each rise of sea level permits further deposition on the bottom to a thickness which approximates the rise of sea level, ...“. Die Sedimentation wird versuchen, dieses Gleichgewichtsprofil zu erreichen; das wird im *Tongrien* im W. leichter der Fall sein, und viel öfter wird das Profil dort überschritten werden können als im E.

Die durch die Senkungen und Hebungen verursachte wiederholte Zunahme des Einfallens von einem meistenteils variierend grossen Teil des Meeresbodens hatte zur Folge, dass ein verschieden grosser Teil einer Ablagerung im W. nach dem E. transportiert wird, wobei im allgemeinen das feinere Material mehr von der Küste, jedenfalls vom Erosionsgebiet entfernt abgelagert wird als das gröbere. Die Senkungen waren, wie die geologischen Verhältnisse des *Tongriens* zeigen, nur geringfügige (*Notiz 11*), die offenbar völlig ausreichten, um eine Störung des Gleichgewichtsprofils zu verursachen. Die Zunahme des Einfallens bewirkte auch Entfernung vom Gleichgewichtsprofil in Hinsicht auf den Meeresspiegel im E., dagegen Ueberschreitung dieses Profils im W. in Küstenregionen. In dem Masse, wie der Abstand von W. nach E. wächst, über den hinaus das Profil überschritten wird, kann die Verbreitung des Materials eine entferntere sein im Gebiet, das vom Profil entlegen ist, und dort kann man dann auch Mikrozyklenbildung beobachten. Uebrigens sind Niveauveränderungen im Flachwasser natürlich viel leichter erkennbar als in tieferen Bereichen; und daraus lässt sich wohl schliessen, dass die hier besprochenen Mikrozyklen *Flachseephänomene* sind.

Wir nehmen also an, dass bei jedem Mikrozyklus, z. B. des *Tongriens*, in einem bestimmten Teil des Beckens das Gleichgewichtsprofil mit Unterbrechungen überschritten wird, zu gleicher Zeit ein anderer Teil davon entfernt und überhaupt meistenteils gar nicht dieses Profil erreicht wird; u. a. daher auch die Möglichkeit zur Entstehung von Isopachen-„Becken“ respekt. „Schwellen“.

Der Umfang von beiden Profiltteilen kann aus manchen Gründen natürlich sehr variieren, daher die oft stark wechselnde lithologische Zahnung innerhalb einer Gesteinsserie, sodass man, an einer und derselben Stelle in einer Serie nach oben gehend, lithologisch verschiedene Schichtenfolgen antrifft (cf. Abb. 4a, 5b, und 8). Durch ungleichmässige Wirkung der Strömungen kann sowohl horizontale wie vertikale Variation des Schichtungsbildes entstehen (cf. auch Abb. 3, Karte 3).

Dass die Senkungsbewegungen im *Tongrien* sehr regelmässig stattfanden, und die Sedimentation auf Grund des gleichbleibenden Charakters der Ablagerungen ungefähr gleichen Schritt damit hielt, sodass regelmässige Aufeinanderfolge der Mikrozyklen auftritt, ist, nochmals, nur ein zufälliger Umstand, der sich auch selten in so schöner Weise offenbart (cf. auch

*Notiz 12* und *Notiz 13*). Dass eine Senkung mit Unterbrechungen stattfinden kann, lehren uns manche Ablagerungen, z. B. Kohlenbildungen in verschiedenen Perioden der geologischen Zeitrechnung.

Hiermit ist aber noch nicht die regelmässige Zunahme des Mergelanteiles innerhalb eines Mikrozyklus geklärt, die aber in den meisten Fällen auch nicht so schön ausgebildet ist wie auf den Abb. 2b und 4b. Die Erklärung kann sein, dass aus irgendwelchen Grund die Strömungen, welche das grobkörnigere Material über dem Meeresboden transportieren, beckenwärts kräftiger auf dieser Oberfläche operieren können während der Entfernung von dem ursprünglichen Gleichgewichtsprofil nach einer Senkung, hingegen beim langsamen herannahen des Profils mehr oder weniger gleichmässig an Stärke verlieren (d.h. gleich auf dem Boden), so dass schliesslich nur die feinsten schwebenden Partikel dauernd zum Absatz gelangen können, während sie zuvor längere Zeit schwebend blieben. Welches nun die Ursache derartiger etwaiger Strömungsänderungen ist, bleibt unklar, aber sicher kann es sich nicht um eine klimatische handeln (vgl. später). Wie uns das Bild der horizontalen Aenderung des Mikrozyklenbildes lehrt (Abb. 2a, b, c), fand diese Abnahme der Strömungskraft mit steigendem Alter des Mikrozyklus zentrifugal statt (vom Becken aus gesehen). Diese Aenderungen stehen wohl in nahem Zusammenhang mit den Bewegungen des Beckens, denn sonst würde nie ein so regelmässiges Verhalten der Sedimentation auftreten.

Diese Senkungsbewegungen fanden also mit Unterbrechungen statt, neben den Ereignissen, d.h. innerhalb der grossen Ereignisse im Sedimentationsentwicklungsbild, in naher Beziehung dazu stehend. Im mergelreichen *Oberoligocän* des Turiner Beckens z. B. kann man nur im W. noch hier und da gut Mikrozyklenbildung beobachten (sowie im *Langhien*), und wir brauchen nicht daran zu zweifeln, dass noch mehr westlich, in jetzt aber leider mit anderen Ablagerungen bedeckten Teilen des Turiner Beckens, sogar eine dem *Tongrien* ähnelnde Sedimentation entwickelt wurde (wie im *Langhien*). Während des *Oberoligocäns* fand offenbar am Innenrande des Pennidenbogens durch relativ schnellere Bodensenkung als während des *Tongriens* [wobei der Landstreifen im Becken durch Faltungsbewegungen doch immer erhalten und sogar ausgebreitet wurde], ein mehr vertikales als horizontales Anbauen der Delten statt; Mikrozyklen wurden daher nicht so weit nach dem E. hin gebildet wie im *Tongrien* (vgl. das *Langhien*). Doch war dies nur scheinbar, denn durch fehlen von lithologischen Unterschieden blieben sie in den Mergeln verborgen. Das gleiche Verhalten des grossen Zyklus muss man sich für das *ältere* und *obere Jung-eocän* vorstellen.

Während des *Alteocäns*, des *oberen Jungeocäns*, *Oberoligocäns*, *Tortonians*, *Miopliocäns* und *Pliocäns* fanden, wie die Bankung dieser Serien zeigt, offenbar Senkungen mit grösseren und weniger regelmässigen Unterbrechungen statt (cf. *Notiz 13*), in nahem Zusammenhang mit anderen Ursachen auch während anderer Perioden (z. B. *Untermiocän*: Verteilung der grobkörnigeren Sedimente in Zonen).

Die Mikrozyklen des *Langhiens* sind nur normale Varianten derjenigen des *Tongriens*, wobei durch besondere Umstände Kalkbildung erfolgte während des Ablagerens des feinsten klastischen Materials in kleinsten Mengen pro Zeiteinheit.

Die so oft geäusserte Klage, wir hätten hinsichtlich mancher Probleme keine Möglichkeit, an rezente Zustände anzuknüpfen, gilt auch in vieler Hinsicht für die Frage der Mikrozyklenbildung; hoffen wir, dass in Zukunft noch, vielleicht (?) mit Hilfe von experimentellen Untersuchungen, Licht über manche noch strittigen Fragen fallen wird (cf. auch 31, FLEMING et REVELLE).

c. Wie hat man nun bisher die Schichtungsfrage klären wollen? Manche Untersucher haben sich zur Klärung der Frage über die Entstehung der *s + m* dem Problem der Strömungserscheinungen zugewandt, wenn auch oft in anderem Sinne. STAMP z. B. (26) kann die regelmässige *s + m*-Abwechslung, welche innerhalb von Gesteinsserien von erheblicher Mächtigkeit auf-

tritt, nur als eine natürliche Folge von Saisonsvariation (cf. *Notiz 14*) der Transportkapazität von Flüssen auffassen, welche einem Sedimentationsbecken terrigene Materialien zuführten. Er meint, dass die scharfe untere Grenze eines Mikrozyklus und die darüber folgende regelmässige Korngrössenabnahme deutlich übereinstimmt mit dem Verhalten gewisser Flüsse, die nach schneller Zunahme ihrer Wasserkapazität eine regelmässige Abnahme davon zeigen. Diese Idee lag in diesem Falle wohl sehr auf der Hand, da im Burmanischen Tertiärbecken die „Proto-Irrawaddy“ eine äusserst wichtige Rolle bei der Ausfüllung dieses Beckens mit Sediment gespielt haben wird (cf. STAMP, 25 und CHHIBBER, 8).

Zur Erklärung des erwähnten Phänomens sind auch viel andere, oft stark auseinander liegende Möglichkeiten herangezogen worden, mehr als sich hier kritisch besprechen lassen. Sagen wir im allgemeinen, dass das hier gemeinte Mikrozyklenbild stark abweicht von Sturmflut-, Delta- und Gezeiten-Schichtung (cf. HÄNTZSCHEL: 13). Auch klimatische Faktoren vieler Art (cf. BRINKMANN, 7, und BARRELL: *Notiz 15*) können höchstens eine Nebenrolle gespielt haben: vgl. später. Auch periodische Aenderungen der Meeresströmungen können die primäre Ursache nicht sein, wie schon VORTSCH (34) bemerkt. Obenerwähnte Erscheinungen widerspiegeln sich wahrscheinlich in der „Feinschichtung“, wobei ein etwaiges fehlen dieser nicht auf fehlen jener Faktoren schliessen lassen darf (cf. BRINKMANN, 7). Mikrozyklen sind zu universal, um klimatische Faktoren als Ursache annehmen zu können. Gezeiten sind dagegen wohl universal, aber ihre Wirkungen sind schon genügend bekannt, um folgern zu dürfen, dass das von ihnen hervorgerufene äusserst unregelmässige Schichtungs- bild sich nie verknüpfen lässt mit der überraschenden Regelmässigkeit der hier behandelten Phänomene.

Auch schnelle Hebung des Meeresbodens [Absatz von Sand respekt. Mergel] und Senkung [Ablagerung von Mergel respekt. Kalk], regelmässig wiederholt, kann nicht die gesuchte Ursache sein. Diese Annahme würde u. a., da die  $s + m$ - und die *Langhien*-Mikrozyklen doch die gleiche Entstehungsursache haben, einen Glauben an die Möglichkeit von Kalkbildung nach weiterem Sinken des Beckens einschliessen. Das würde mit allem, was wir schon über Kalkbildung wissen, in Widerspruch stehen. Auch u. a. ANDREE (1) glaubt nicht an eine derartige Lösung des Problems (cf. *Notiz 16*).

Die von anderen Forschern angenommene umgekehrte Folge: Kalk (in einer untiefen Phase abgelagert) — Mergel (während einer tieferen Phase abgesetzt) kann u. E. nicht zutreffen, falls wir mit Sedimenten des *Langhien*-Typus zu tun haben: vgl. obenstehende Erwägungen über die Gleichschaltung (in gewisser Hinsicht) des *Langhien*-Mikrozyklus mit jenem der  $s + m$  (cf. *Notiz 17*). ARN. HEIM (15) hat aber andere Mikrozyklen besprochen, für die das obige nicht ohne weiteres zutreffen kann!

Das wichtigste Argument gegen die meisten Theorien ist wohl die Universalität der obenerwähnten Mikrozyklenbildung, d. h. sie fand in der geologischen Geschichte, wie uns manche Beispiele lehren, zu gleicher Zeit unter verschiedenen klimatischen Bedingungen statt. Dazu kommt die von PHILIPPI (22) hervorgehobene Tatsache, dass die schönsten Beispiele jener Mikrozyklen aus den geosynklinalen Gebieten der Erde bekannt sind (cf. *Notiz 18*). Wieder eins der schönsten Beispiele davon ist die Tertiär-geosynklinale von Burma, aus der STAMP (26) ein Beispiel von Mikrozyklenbildung hervorhob.

Es liegt also viel mehr auf der Hand anzunehmen, dass die primäre Ursache für die Entstehung der Mikrozyklen in einer der Eigenschaften zu suchen ist, die allen Teilen der Erdoberfläche mit mehr oder weniger stetiger Senkung und Sedimentation gemein ist. Diese Eigenschaft übertrifft gewiss alle anderen an Wichtigkeit, und wir sind also der Meinung, dass diese hervorstehende Eigenschaft, welche ein so interessantes Phänomen verursacht, die mehr oder weniger regelmässige Bodensenkung ist. Hierbei spielt natürlich das Verhalten der an solche labile Erdteile grenzenden Landgebiete (*Notiz 19*), die den Becken terrigene Materialien zuführen, noch eine wichtige Rolle, so dass den verschiedenartigen Bewegungserscheinungen auch eine ins Auge fallende Aeusserung gegeben

werden kann. Dass die Landgebiete von Bedeutung sind, kann das Turiner *Tongrien* auch in anderem Sinne zeigen, denn während jener Zeit war ein Landsaum, wie erwähnt, im Sedimentationsbecken fortwährend über Meeresniveau, und die Mikrozyklen wurden viel schöner ausgebildet als in anderen Perioden des Tertiärs, während keine Landsäume von Bedeutung in diesem Teil des Piemontschen Beckens bestanden (cf. *Notiz 20*). Man kann dies wohl nicht als Zufall auffassen (vgl. zuvor).

Wie schon erwähnt, hat man die regelmässige  $s + m$ -Alternierung wie folgt erklären wollen: langsame Senkung des Bodens bis auf grössere Tiefen des Meeres ( $\rightarrow$  regelmässige Abnahme der Korngrösse), gefolgt von abrupter Hebung, bis das Becken seicht wurde ( $\rightarrow$  Ablagerung von grobkörnigem Sediment). Dies scheint uns eine wenig logische Erklärung, denn aus ihr geht u. a. nicht hervor, wie ein so regelmässiges Schichtungsbild entstehen kann. Sie lässt die Frage offen, warum der Meeresboden immer unter Meeresniveau bleibt, ohne, trotz der tausendfachen Wiederholung dieser Bewegungen, auch hundert- und tausendfach aus dem Meere emporzutauchen und so die Spuren dieser Hebungen auf dem Schichtungsbild zu hinterlassen!

Zwar müssen wir hier die Einschränkung machen, dass diese Argumentierung für bestimmte Schichtenfolgen nicht zutrifft: vergleichen wir z. B. die von KLÜPFEL (18, 19) beobachteten Phänomene im Lothringer *Jura*, und FICHTER's Studie (11). Es handelt sich hier aber um rhythmische Aenderungen der Meerestiefe, ausgedrückt in ganzen Serien, innerhalb welchen u. a. wieder Mikrozyklen auftreten! Wir müssen daher die grossen Zyklen u. E. getrennt halten von den Mikrozyklen, wie schwer es auch auf den ersten Blick erscheint. Beide Arten Zyklen sind aber äusserst nah verwandt, und KLÜPFEL's sorgfältige Untersuchungen beweisen nachdrücklich, dass wir auch die Ursache der Mikrozyklen primär in Bewegungen des Meeresbodens gegenüber dem Meeresspiegel zu suchen haben (cf. TWENHOFEL, 32, S. 615—617; und *Notiz 21*).

Auch scheint uns ein wichtiges Argument (siehe oben), dass wir uns nicht das bestehen eines Landsaums mit konstantem Umfang, wie er im *Tongrien* bestand (cf. Abb. 3), vorstellen können, während in den angrenzenden Becken tausendfach wiederholte Hebungen und Senkungen stattfanden. Wie könnte denn auch die Verteilung der die Isopachen kreuzenden Säume verschiedener Sedimente im *Untermiocän* überhaupt entstehen und erhalten bleiben? Wir können nur mehr oder weniger regelmässige Bewegungen, doch nur in abwärtsführender Richtung, annehmen. In manchen Geosynklinalen, wie u. a. jener von Burma, wurden mächtige Gesteinsserien unter ungefähr gleichen bathymetrischen Bedingungen gebildet, und auch dort, wie im Turiner Becken, trat während einer im grossen und ganzen stetigen Senkung Mikrozyklenbildung auf.

Uebrigens hat man öfters die lithologischen Merkmale irrigerweise Faciesunterschiede genannt. Zwar vergegenwärtigt Mergel, auch bei gleichbleibender Meerestiefe, streng einteilend besehen, andere Faciesbedingungen als Sand- oder Kalkablagerungen, aber wir müssen doch in solchen Fällen, in denen uns tausende von Metern einformig ausgebildeter Mikrozyklen vorliegen, mit vielen anderen Forschern (cf. DACQUÉ, 9, S. 75) jene Serien auffassen als einen Rhythmus, „der eben nicht ein regelmässig wiederholter Fazieswechsel ist, sondern vielmehr ein hundertfach repetierter Schichtwechsel innerhalb einer als Ganzes gleichbleibenden Fazies“. Auch ANDREE (2, S. 396) spricht von Gesteinswechsel innerhalb einer Facies.

Ausserdem kann wohl ausschliesslich bei einer im grossen und ganzen kontinuierlichen Senkung (cf. *Notiz 22*) ein so regelmässiges Bild wie das der Schichtung der *Pegu*-Serien von Burma und des *Tongriens* der Synkl. v. Cervotto im Turiner Tertiär entwickelt werden. Bei einer Senkungsbewegung, wobei der Boden ungefähr in gleicher Meerestiefe blieb durch zufälliges Zusammentreffen gewisser Umstände, die etwa in dem Masse, wie der Boden sank, nachfüllen mit Sediment gestatteten, haben Variationen

der Stärke dieser Senkung (in Bezug auf welche die Sedimentation also relativ steigend wirkt) nicht leicht Einfluss auf die Regelmässigkeit des Sedimentationsbildes. Ein solches Becken wird dann höchstens während längerer oder kürzerer Zeit austrocknen durch überwiegende Sedimentation (cf. *Notiz 23*), aber die Sedimentation sowie die (schwächere) Senkung setzen sich fort: man denke z. B. an die Burmanische Geosynklinale während des Ablagerens der fluviatilen *Irrawaddy*-Serien, oder an die von BORN (6) behandelten kontinentalen Geosynklinalen (mit relativ schnellerer und langsamerer Senkung, wie das Schichtungsbild zeigt).

Wenn aber der Meeresboden durch wirkliche Hebung aus dem Meere emportaucht, werden schon abgelagerte Sedimente erodiert; die Regelmässigkeit des Schichtungsbildes ist damit zerstört, und zwar in auffallender Weise, falls dieser Vorgang mehrmals stattfindet, wie es logischerweise während einer dauernd alternierenden Wiederholung von Hebung und Senkung nicht anders zu erwarten ist.

Man kann die Erklärung der  $s + m$ -Alternierung auch in periodischen, geringfügigen Hebungen der an einen Sedimentationsraum grenzenden Landgebiete suchen (stärkere Erosion  $\rightarrow$  grobkörnigere Sedimentation), aber es ist nicht anzunehmen, dass derartige kleine Bewegungen sich in dieser Weise unmittelbar widerspiegeln in einem Becken, welches gleichfalls Bewegungen ausführt (und warum nicht oft störende!): cf. *Notiz 24*. Es ist nichts vergleichbares mit Sicherheit über das Ausmass derartiger epirogenetischer Bewegungen bekannt, aber man muss doch mindestens einen oder ein paar Meter Hebungsbetrag annehmen, um an wirklich stärkere Erosion glauben zu können. Das würde aber im Falle des Turiner Tertiärs einen enormen Gesamthebungsbetrag der Westalpen fordern, denn in der Synkl. v. Cervotto wurden im Zentrum minimal 6000 Mikrozyklen lediglich im *Tongrien* gezählt. Und noch in viel auffallender Weise gilt dies für das Burmanische Becken (cf. STAMP: 26)! Für die grossen Zyklen (cf. Abb. 6) müssen wir aber doch einen nahen Zusammenhang mit dem Verhalten der Penninischen Alpen annehmen (*Notiz 25*).

Es scheint also aus vielen Gründen logisch, die Ursache der  $s + m$ -Bildung in den Bewegungen des Beckens selbst zu suchen, und das gleiche gilt in Hinsicht auf die grösseren Phasen der Sedimentabwechslung (cf. *Notiz 26*).

Wie verhält sich nun die Bildung der grossen Zyklen? Im Turiner Tertiär beobachtet man die in Abb. 6 dargestellten Zyklen, die übrigens z. T. stark abweichen von den Darstellungen der älteren Literatur (cf. BEETS, 5). In dieser Folge kann man gewissermassen den Rhythmus sich widerspiegeln sehen, wie er im Masse der Erosion des Pennidengebietes auftritt, aber, wie wir glauben, noch in anderem als direktem Sinne: denn nach jeder Faltung und Hebung bildeten sich am Innenrande des Alpenbogens Delten, aber auch während Perioden, in denen nur epirogenetische Hebungen stattfanden, und in denen im Turiner Gebiet keine grobklastischen Materialien abgelagert wurden, z. B. im *Alteocän*, ob. *Jungeocän*, *Oberoligocän*, *Langhien*, usw. Bei den (Faltungen und) Hebungen der Penniden, die in grösserer Ordnung stattfanden, wurden die Delten (jedenfalls zum Teil) im Uebergang von diesem Land zum Becken von Piemont mit emporgehoben, und von der Erosion leicht angefressen, selbstverständlich in viel leichter Weise als die Penniden selbst. U. E. sind also die grobkörnigen Elemente der Tertiärserie von Turin nicht gleich nach den Perioden der Faltungen und Hebungen von grösserer Bedeutung im Penniden-Gebiet entstanden, sondern schon grösstenteils in den ruhigeren Perioden, und vorläufig in einem Deltensaum am Innenrande der Penniden abgelagert worden (cf. *Notiz 27*).

Immer wieder zwingen uns die geologischen Gegebenheiten, die weitaus grösste Rolle den Bewegungen des Meeresbodens zuzuerkennen, und in dieser Auffassung werden wir bestärkt durch die von KLÜPFEL (18, 19) beobachtete Zyklenentwicklung (cf. *Notiz 28*). Zwar findet man bisher einen wichtigen

Zusammenhang zwischen diesen Bewegungen und jenen des anschliessenden Festlandes, aber für das Turiner Becken gilt gewiss nicht die Annahme einer — in anderen Gebieten wohl in Frage kommenden — regelmässig zunehmenden und wiederholten, erheblichen Invasion des Meeres, z. B. während des *Tongrien-Oberoligocäns*; zu einer solchen Auffassung zwingen uns die geologischen Verhältnisse im Turiner Becken selbst: dieses Becken wies im *Oberoligocän* sogar grössere Landgebiete auf als während des *Tongriens*!

Wir haben im vorliegenden Falle mit einem Becken zu tun, in dem unter fortschreitender Senkung stärker und schwächer Sediment nachgefüllt

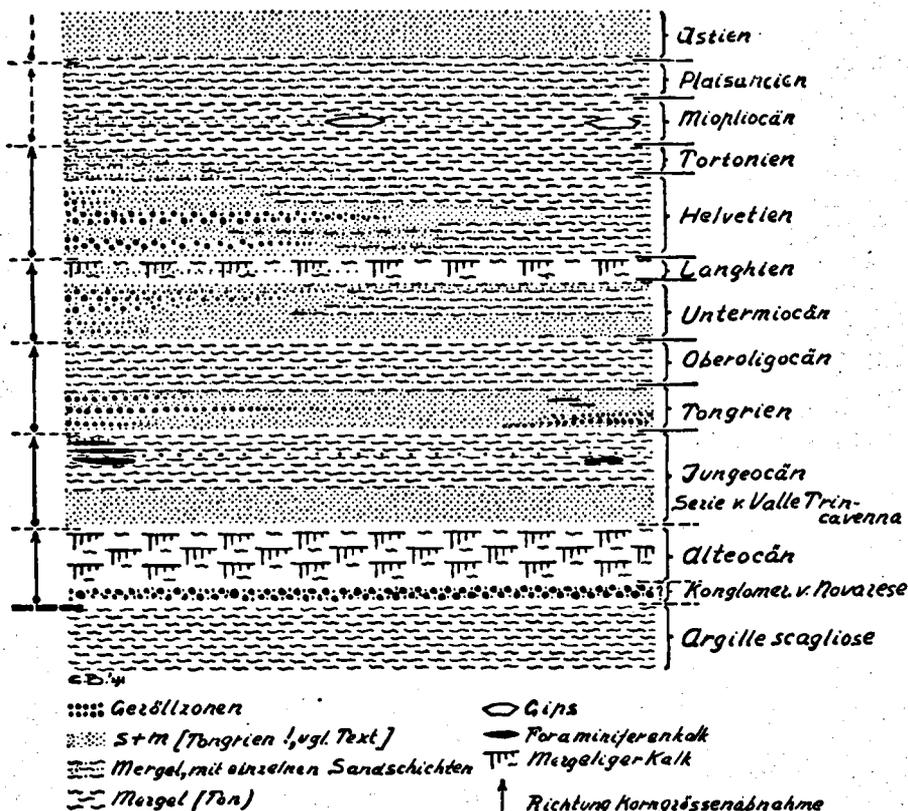


Abb. 6.

Stratigraphische Gliederung des Turiner Tertiärs und dessen zyklische Beschaffenheit. Der Massstab dieser Uebersicht ist nicht gut anzugeben, da sie sowohl in horizontalem als vertikalem Sinne aus verschiedenen Profilen im hiesigen Gebiet zusammengestellt wurde.

wurde, und aller Wahrscheinlichkeit nach werden die grossen Rhythmen von überwiegend grobklastischer bis überwiegend feinkörnigerer Sedimentation wirklich übereinstimmen mit Perioden von relativ langsamerer respekt. relativ schnellerer Senkung des Beckens (bezw. Hebung des angrenzenden Alpengebietes). Während letztgenannter Perioden haben die Deltas an der Peripherie des Beckens mehr eine *aufhörende* Wirkung als ein fortschreitendes Anbauen gezeigt, dagegen in erstgenannten Perioden mehr *fortschreitende* Sedimentation. Das lehrt uns deutlich die

Sedimentationsgeschichte (BEETS, 5). Dies alles geschah wahrscheinlich noch in nahem Zusammenhang mit dem Verlauf der Erosion der Penniden.

Diese Ursache kann aber unmöglich für das Entstehen der Mikrozyklen, d. h. in unserem Gebiet, die primäre sein. Dagegen für andere Gebiete ist die Ursache für bestimmte Schichtungen vielleicht wohl hierin zu suchen (cf. TWENHOFEL, 32). Uebrigens vertrat man schon mehrfach dieselbe Hypothese als Ursache der grossen Zyklen in derartigen grösseren Bewegungen, zuweilen in verschiedenem Sinne: vgl. u. a. noch ARBENZ (4), BORN (6), DACQUÉ (9), FICHTER (11), GIGNOUX (12), KLÜPFEL (18, 19), STAMP (24), STILLE (27, 28, 29, 30).

*Wir müssen für die Entstehungsursache der Mikrozyklen aber eine Erklärung finden, welche mehr oder weniger unabhängig von der Ursache der Entstehung der Grosszyklen operiert, und doch wieder in nahem Verband mit dieser auftritt. Denn das Entstehen der Mikrozyklen findet unabhängig von dem Verlauf der grösseren Phasen fortwährend statt.*

Wir müssen annehmen, dass die „kontinuierliche“ Senkung des Turiner Beckens offenbar mit Unterbrechungen stattfand. Fand dieser Prozess regelmässig statt, so konnte auch ein regelmässiges Mikrozyklenbild entstehen und umgekehrt.

Hiermit können wir dann wieder auf die zuvor gegebene Uebersicht der möglichen Erklärung der Zyklenfrage hinzuweisen.

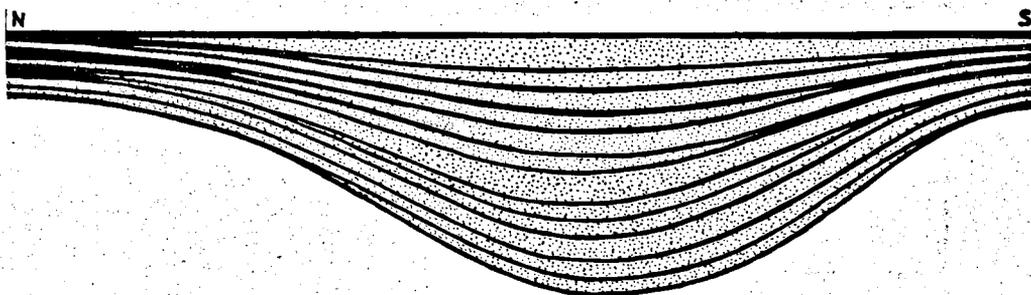


Abb. 7.

Schematisches Profil des *Tongriens* in der Synkl. von Cervotto: im N.W. (statt N!) und S.E. (statt S!) mergelreiche Ablagerungen in geringer Mächtigkeit, im Zentrum fast ausschliesslich die schöne *s + m*-Entwicklung in grösserer Mächtigkeit.

Schiesslich kann man noch fragen, ob eine Altersbestimmung mit Hilfe der Mikrozyklen auszuführen ist, wie z. B. STAMP (26) verfahren ist. Dies muss u. E. unbedingt abgelehnt werden auf Grund der u. a. in der Synkl. v. Cervotto im Turiner Tertiär beobachteten Merkmale des *Tongriens*. In der Abb. 7 wird das *Tongrien* dieser Synklinale schematisch wiedergegeben: im N.W.-Rand des Gebietes (statt N. in der Abb.) ist ein schönes Profil aufgeschlossen, das die ganze, hier dünnere *Tongrien*-Serie von etwa 300 m Mächtigkeit in z. T. wohl sehr mergelreicher Ausbildung zeigt. Der mittlere Abschnitt der Abb. stellt das Zentrum der Synklinale dar: das *Tongrien* ist hier mindestens etwa 600 m mächtig, zeigt wie erwähnt eine äusserst schöne Mikrozyklenentwicklung (die sich minimal etwa 6000-fach wiederholt), geht nach dem S.E. (statt S. in der Abb.) wieder in eine mergelreichere, weniger mächtige Serie über. Die Wahrnehmungen im Felde geben unbedingt an, dass im nordwestlichen Teil viel weniger Sandbänkechen zu zählen sind als im Zentrum des Beckens (und, falls doch vorhanden, fast immer viel dünner ausgebildet sind): die Zyklen sind z. T. in dem Mergel verborgen, und man hätte, so zählend in zwei Profilen einer gleichaltrigen Serie, zwei untereinander stark abweichende Wahrnehmungen über das Alter der Serie erhalten. Diese Tatsache noch abgesehen von der obenerwähnten Unmöglichkeit zur Feststellung der Dauer der Bildung der verschiedenen Mikrozyklen!

Wir möchten noch hervorheben, dass wir im Felde zuweilen, in tektonisch mehr verwickelten und oft zu wenig aufgeschlossenen Teilen des

Turiner Gebietes, mit Erfolg uns an dem Mikrozyklenmerkmal des *Tongriens* orientierten, um schnell herauszufinden, ob gewisse Schichtserien überkippt waren oder normal einfielen. Selbstverständlich darf man nur in dieser Weise verfahren, falls die Art der Mikrozyklen in Normalprofilen beobachtet ist. ARN. HEIM z. B. (15) hat andere Mikrozyklen beschrieben, die etwas anderes lehren würden! Wie wir noch sahen, verfährt auch SIGNORINI in dieser Weise (in anderem Sinne) in tektonisch komplizierten Gebieten (cf. *Notiz 29*).

### 3. BEITRAG ZUR LÖSUNG DER FRAGE DER REPETIERTEN KALKBILDUNG.

Wir möchten diesem Problem an Hand der im Turiner Becken gewonnenen Daten noch einige Worte widmen. Diese verwickelte Frage, wie die ausgedehnte Literatur der letzten 30 Jahre zeigt, die uns ebenso wie das obenaufgeführte Problem die Lücken und Gefahren der Lehre des Aktualismus von VON HOFF (cf. KAISER, 17) zeigt, kann vom geologischen Standpunkte im allgemeinen besser an Hand der geologischen Gegebenheiten erörtert werden, wie z. B. ARN. HEIM verfuhr.

Im Turiner Gebiet fand Kalkbildung mehr oder weniger deutlich während des ganzen Tertiärs statt. Das zeigen, ausser den kalkreichen Serien wie *Alteocän* und *Langhien* (cf. Abb. 8) noch die Mergelserien der anderen Etagen sowie die vereinzelt Kalkschichten im *Jungeocän*, *Tongrien* (örtlich z. T. reich an Kalkablagerungen!), *Oberoligocän* und *MioplIOCän*; abgesehen von Foraminiferenkalkbänken.

*Alteocän* und *Langhien* weisen beide einen Wechsel von tonigen Kalken mit Mergel oder Sand auf, das *Langhien* oft die oben erwähnte schöne Schichtenfolge der Abb. 4a und 8a. In beiden Fällen, wie auch für die Kalkbänke in anderen

Serien gültig ist (mit Ausnahme gewisser vereinzelter benthogener Kalkbänke), bilden Organismenreste, wie auch Dünnschliffe zeigten, einen ausserordentlich kleinen Anteil der Kalkablagerungen (*Alteocän*!), der auch manchmal fehlen kann. Dies ist also in Uebereinstimmung mit den Folgerungen ARN. HEIM's (15, S. 28): „Es kann sich nur darum handeln, inwiefern die Organismen indirekt an der Kalkbildung mitgewirkt haben“ (l. c., S. 29; cf. *Notiz 30* und *Notiz 31*). Merkwürdig ist nun, dass wir bei der Betrachtung mancher Sedimentserien, wie auch bei denen des Turiner Tertiärs, stark den Eindruck bekommen, als ob während gewisser Perioden, welche Perioden intensiver Kalkablagerung vorhergehen, die dafür günstigen Verhältnisse schon geschaffen wurden, also schon in Perioden von intensiver Zufuhr terrigener Erosionsprodukte. Für das Turiner Becken trifft dies zum ersten Mal nach der langdauernden Ablagerung der vorwiegend mesozoischen *Argille scagliose* im *Alteocän* zu, dem die Ablagerung von grobklastischen Produkten aus den Penniden voranging (cf. Abb. 6). Das gleiche ist für das obere *Tongrien*

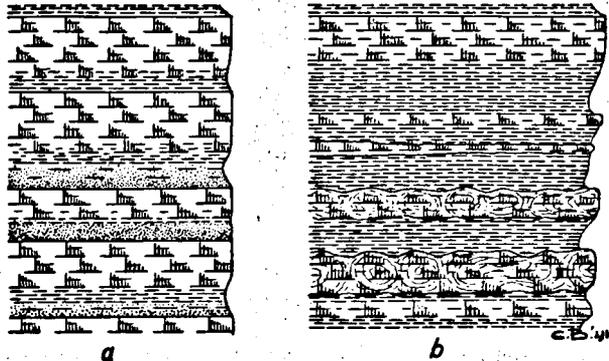


Abb. 8.

Mikrozyklen des *Langhiens* im Turiner Tertiär.  
Massstab etwa 1:5 bis etwa 1:40.

(an gewissen dafür günstigen Stellen kalkreich entwickelt) während des unteren und mittleren *Tongriens* zutreffend, und für das *Miopliocän* zur Zeit des *Helvetiens*.

Ein anderes Problem ist, ob Kalkablagerungen innerhalb einer Serie einen qualitativ oder (und) quantitativ neuen Zustand darstellen. Im Falle des Turiner Tertiärs fand wohl „immer“ Kalkbildung statt, und wir können daher schwerlich, was *Alteocän*, (*Tongrien*) und *Langhien* anbetrifft, von qualitativ, dagegen wohl von quantitativ neuen Zuständen reden. Kann aber das quantitativ neue Auftreten nicht scheinbar sein, d.h. kann die Kalkablagerung nicht in hohem Masse durch Sedimentation terrigener Produkte verdeckt gehalten sein? Diese Ansicht würde die Annahme eines etwa konstant sich absetzenden Kalkniederschlages einschliessen, dem durch mehr oder weniger kräftige Zufuhr terrigener Materialien nur scheinbar ein anderer Aspekt gegeben wurde, nämlich der einer Einwirkung von Perioden günstiger und nicht günstiger Faktoren auf die Kalkbildung. Diese Anschauung würde also dem Begriff einer Kalkablagerung einen vollkommen relativen Charakter verleihen! (cf. *Notiz 32*).

Gewissermassen trifft dies natürlich zu, denn eine Kalksand- oder Mergelbank kann soviel Kalk enthalten, dass sie übereinstimmt mit einer Sand- oder Tonbank nebst einer Kalkbank von einer gewissen Dicke. Dieser Standpunkt ist aber in obenstehender Weise unannehmbar, wenn wir die im Verband mit der Abb. 4 auseinandergesetzten Erwägungen als richtig annehmen. Wir können dann nur annehmen, dass auch die Kalkbänke des Turiner Tertiärs durch andere Umstände gebildet wurden, d.h. eine Kalkablagerung zwischen zwei Sand-Bänken ist nicht nur darum eine Kalkablagerung, weil Sand in ihr fehlt, sondern weil die offenbar anderen physisch-chemischen Verhältnisse während des Ablagerns von Sand keine Kalkbildung in besonderem Masse gestatteten. Dass tonige Beimischung so verbreitet ist in Kalkablagerungen, und auch Mergel mit den tonigen Kalken alternieren, zeigt deutlichst, dass die Art der herbeigeführten terrigenen Materialien nicht eine ausschlaggebende Rolle spielt, und die primäre Ursache dieser *Langhien-Abwechslung* nicht hierin zu suchen ist.

Sie muss u. E. vielmehr die gleiche sein wie die der Entstehung der Mikrozyklen des *Tongriens*; primär müssen also wohl die periodischen Senkungsbewegungen eine ausschlaggebende Rolle gespielt haben, so dass durch zufälligerweise vorhandene, bestimmte physisch-chemische Umstände ebenfalls periodisch Kalkniederschlag gebildet wurde.

Die echte, sogen. „Feinschichtung“ innerhalb der Kalkablagerungen können wir mit ARN. HEIM deuten als Folgen „des unter dem Einfluss von Wetter, Strömungen, Jahreszeiten usw. schwankenden Hydroklima“ (15, S. 34).

Wir können uns das Entstehen der Kalke des *Langhiens* dann etwa wie folgt denken: in einem mehr oder weniger vom offenen Meere abgeschlossenen Becken waren die Umstände derart, dass Kalkniederschlag stattfinden konnte. Es fand dann eine der vielen kleinen Bodensenkungen statt (cf. Abb. 5), welche selbstverständlich ein Zuströmen frischen Wassers aus dem offenen Meere zur Folge hatte (die durch die Verdunstung entstandene Zufuhr fand noch daneben in verschiedenem Masse, aber mehr „kontinuierlich“, statt). Offenbar wurde schon dadurch (cf. *Notiz 33*) ein weiterer Niederschlag von  $\text{CaCO}_3$  entweder stark vermindert, oder vollkommen ausgeschlossen. In der jetzt folgenden Periode eines gewissen stillstandes des Bodens wurden z. B. Sandpartikel über den Boden hin transportiert und in anderen Gebieten Mergel abgelagert. Gleichzeitig mit dem vertikalen Anbauen des Mikro-

zyklus werden die den  $\text{CaCO}_3$ -Niederschlag hemmenden Einflüsse langsam wieder aufgehoben (cf. *Notiz 34*), bis wieder Kalkbildung in erheblichem Masse stattfinden konnte (cf. *Notiz 35*).

*Fanden keine Kalkniederschläge statt, so entwickelte sich im W. des Turiner Beckens eine normale s + m-Abwechslung* (cf. Abb. 5), *besonders im mittleren Langhien; in anderen Teilen des Gebietes sehen wir höchstens undeutliche Bänderung von Kalk in den Mergelablagerungen.*

Es hängt wohl in hohem Masse von der Regelmässigkeit des Rhythmus der Senkungsbewegungen ab, welches Schichtungsbild hervorgerufen wird (vgl. das *Langhien* und das dickgebantke *Alteocän!*). Was die anderen Kalkbildungen des Turiner Tertiärs (*Tongrien, Oberoligocän, Miopliocän*) anbetrifft, so haben wir im grossen Becken wieder kleinere anzunehmen, die oft noch aus anderen Gründen gut angedeutet zu nennen sind (BEETS, 5): untiefe Becken etwa in der Weise wie sie BLACK (*Notiz 36*) rezent beobachtete.

Es darf noch erwähnt werden, dass die Kalkablagerungen des *Langhiens* in mergelreichen Serien mehr oder weniger knollenartig entwickelt sind (cf. Abb. 8b). Die Ursache dieser an Diagenese zuzuschreibenden Erscheinung wird von verschiedenen Forschern angegeben als Entmischung durch Unterschiede im physisch-chemischen Verhalten des  $\text{CaCO}_3$  und der Tonteilchen (cf. *Notiz 37*).

Vorläufig beendet August 1941,  
abgeschlossen Januar 1942.

#### 4. NOTIZEN.

1. (gehört zu Seite 42): Vgl. PAECKELMANN's interessante Studie (21); sonst z. B. REED, R. D. (1933): *Geology of California* [sonst REED et HOLLISTER (1936): *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, Bd. 20, IV, 12]; auch DAHLGRÜN (1928): *Zeitschr. D. Geol. Ges.*, Bd. 79; und STUTZER (1930): *Geol. Rundsch.*, Bd. 21, H. 2 (1 Seite); sonst wurde u. a. von H. STILLE vielfach auf solche Erscheinungen hingewiesen: z. B. 27, 28, 29, 30.

2. (gehört zu Seite 42): Es kann sich hier nicht um eine Zufallsfrage handeln; vgl. später.

3. (gehört zu Seite 44): In dem übrigens noch oft statt Mergel Sand oder sogar geröllführender Sand auftritt, oder wieder Veränderung in s + m-Abwechslung!

4. (gehört zu Seite 44): Es handelt sich doch um die Korngrössenabnahme des terrigenen Materials: die Kalkbildung ist nur eine — übrigens in anderem Sinne wichtige — Nebensache, die ohne Bedeutung ist für das uns von der Natur in der Mikrozyklenbildung offenbarte Prinzip.

5. (gehört zu Seite 44): ANDREE's Bemerkung gilt für die „Feinschichtung“ (echte Schichtung), aber jetzt auch für die „Grossschichtung“ der Abbildungen 2 und 4. Mergel, Sand und Kalk zeigen nämlich im Turiner Tertiär im allgemeinen noch deutliche echte Schichtung („Feinschichtung“). Das Fehlen der echten Schichtung, besonders in den Sanden, kann vielfach scheinbar sein (noch abhängig von dem Masse der Vergrösserung des wahrgenommenen Objektes!), oder sekundär aus vielerlei Gründen (cf. BRINKMANN, 7 und KUMM, 20).

6. (gehört zu Seite 44): Diese Schichtenfolge fehlt in völlig mergeligen Ablagerungen nur scheinbar.

7. (gehört zu Seite 45): Wo die Strömungen während des grössten Zeitabschnittes der Ablagerung wahrscheinlich zu kräftig waren, als dass Mergelablagerung hätte stattfinden und (oder) konserviert werden können.

8. (gehört zu Seite 46): Also nicht nur die schon abgelagerte Sand-„Schicht“, sondern eventuell in verschieden grossem Masse auch ältere Sedimente: vgl. später.

9. (gehört zu Seite 46): Zum Teil auch der Erosion infolge der aus dem Meere empfortauchenden, im Litoral abgelagerten Sedimente!

10. (gehört zu Seite 48): Die Oberfläche, welche im Becken von Wellenwirkungen und anderen Strömungen entwickelt wird (cf. auch TRASK, 31, S. 238: STERSON).

11. (gehört zu Seite 48): Die leicht kompensiert wurden durch schwache Hebungen des Landstreifens, der daher etwa konstante Küstenlinien beibehielt.

12. (gehört zu Seite 49): Man vergleiche auch z. B. WEPFER (36): die Mehrzahl der uns in geologischen Serien vorliegenden Sedimente sollen, mit SOERGEL, als in dem Gebiete der Flachsee gebildet, anzusehen sein. Daher konnten Trockenlegungen des Meeresbodens (cf. KLÜPFEL 18) so einfach entstehen. WEPFER behauptet, dass wir in marinen Serien eigentlich immer „terrestrische Faktoren“ beurteilen, und obwohl wir diese hier in etwas anderem Sinne sehen wollen, so bleibt dieses Argument u. E. zutreffend. Uebrigens kann man sich die Ausbildung der regelmässigen Mikrozyklen des Turiner *Tongriens* nur in gewisser Entfernung von der Küste, aber wohl noch im Neriticum, vorstellen. Denn in diesem Gebiet des Meeres operieren Strömungen vielfach in verschiedenen Richtungen, was für eine regelmässige Verbreitung des Sandes über den Meeresboden notwendig ist. HEIM (16) weist noch hierauf hin: „Viel intensivere und unregelmässige Bodenströmungen zeichnen die seichteren, mit dem offenen Meer verbundenen Gewässer“ (l. c., S. 373). In anderen Perioden als dem *Tongrien* fand im Turiner Becken eine weniger gleichmässige, sondern zonenweise Verbreitung der terrigenen Materialien (genau gefolgt von der Mikrozyklenbildung!) durch mehr einseitig gerichtete Strömungen statt, wie uns z. B. das *Untermiocän* zeigt (cf. Abb. 3, Karte 3).

13. (gehört zu Seite 49): ANDREE (2): „Grosse Regelmässigkeit in der Schichtung [sei es „Gross-“ oder, wie ANDREE meinte, „Feinschichtung“] ist bei vorherrschend chemischen und vielen organogenen Sedimenten die Regel, bei rein mechanischen seltene Ausnahme“ (l. c., S. 374).

14. (gehört zu Seite 50): Einige Forscher nennen noch viele andere periodische Änderungen mit verschiedener Dauer.

15. (gehört zu Seite 50): BARRELL (1917): Rhythms and the measurement of geologic time; Bull. Geol. Soc. America, Bd. 28, S. 745—904.

16. (gehört zu Seite 50): ARBENZ (4) wies auch auf die oft erstaunliche „lithologische Konstanz“ hin, und schliesst daraus (S. 249): „Dieser intime Wechsel von Kalk und Mergel kann keineswegs auf Wechsel von neritisch und bathyal zurückgeführt werden“. TH. BRANDES dagegen (Neues Jhrb. f. Min. usw., Bd. 33, S. 463—464) will die regelmässige Alternierung von Kalk und Ton erklären durch Regression und Transgression in zahlreichen kleinen Phasen, aber auch KLÜPFEL (19) sträubt sich gegen diese Annahme. Auch ANDREE (2) sagt: „man wird gerne auf das hundert- und tausendfache Hin- und Herzittern des Meeresbodens verzichten, das [manche Autoren und] PHILIPPI dafür heranziehen wollte, ...“ (l. c., S. 375). Wie ALB. HEIM sagt, ist hierbei auch nicht mit PHILIPPI an Klimaschwankungen zu denken, sondern an eine Ursache allgemeiner Beschaffenheit.

17. (gehört zu Seite 50): ARN. HEIM (14) behandelt die Ablagerung von regelmässig alternierendem, scheinbar bathyalem Globigerinenmergel und Nummulitenkalk (mit *Lithothamnium*), und schliesst: „Es ist ganz ausgeschlossen, dass all den Dutzenden von verschiedenen Nummulitenkalklagen jeweils eine relative Hebung („negative Phase“) des Meergrundes entspreche“ (l. c., S. 191).

18. (gehört zu Seite 50): Der Begriff „Geosynklinale“ ist seit jener Zeit HAUG'scher Gedanken wohl verbreitert, und man kennt in vieler Hinsicht nicht mehr einen so scharf ausgesprochenen Unterschied zwischen diesen Gebieten und den „aires d'ennoyage“. ARBENZ (4) dagegen sagt z. B.: „Zyklische Sedimentation ist für die Epikontinentalmeere die normale Sedimentation“ [!]. Wir kennen aber andere Meinungen über wahrgenommene Tatsachen! Wie dem auch sei, diese verschiedenen Ansichten bringen keine wesentliche Veränderung in die Betrachtung des besprochenen Problems.

19. (gehört zu Seite 50): Im Falle des Turiner Beckens die Penninischen Alpen, aus denen enorme Mengen terrigener Materialien im Becken transportiert und verbreitet wurden.

20. (gehört zu Seite 51): Wohl im *Oberoligozän*, aber damals wurde nicht genügend Sand angeführt, um die Entstehung von deutlich ausgebildeten Mikrozyklen hervorzuheben.

21. (gehört zu Seite 51): PHILIPPI (22) folgert: „In den Geosynklinalen ist die Schichtung wohl in erster Linie durch Krustenbewegungen zu erklären; ob klimatische Faktoren eine Rolle spielen, steht noch dahin“ (l. c., S. 376).

22. (gehört zu Seite 51): ARN. HEIM (15) konstatierte damals: „so gelangen wir heute [1924] ..... zu einer Auffassung, welche beide Arten von Schichtung anerkennt: Schichtung bei kontinuierlicher wie auch bei periodisch unterbrochener Sedimentation“ (l. c., S. 20).

23. (gehört zu Seite 52): Das Turiner Becken z. B. nach dem *Astien* (Absatz des *Villafranchiens*, teilweise noch horizontal und vertikal verwachsen mit dem *Astien*).

24. (gehört zu Seite 52): ARBENZ (4) schliesst: Parallelität zwischen „Abtragungszyklen auf dem Festlande und marinen Sedimentationszyklen kann nur für die grössten, ganze Formationen umfassenden Sukzessionen angenommen werden, ..... für die kleineren und kleinsten wollen wir uns hier nur mit der Konstatierung derselben begnügen ..... (l. c., S. 251). SEMPER (23) will dieses letztere auch, indem er behauptet, dass keine Ursache davon bekannt ist.

25. (gehört zu Seite 52): Es handelt sich dabei grösstenteils um Faltungsäusserungen in diesem Gebiet, nicht um epeirogenetische Bewegungen.

26. (gehört zu Seite 52): Auch KLÜPFEL (19) kommt zu dieser Folgerung; lokale Bedingungen sollen die verschiedenen Aeusserungen ergeben (also z. B. *s + m*- und *Langhien*-Abwechslung; vgl. später).

27. (gehört zu Seite 52): Eine Komplikation bilden noch die Konglomerate von Novarese usw. (cf. Abb. 6), die nach der *Alteocänen* kräftigen Faltung und Hebung der Westalpen gebildet wurden. Diese sind wahrscheinlich schnell entstanden, da eine äussere Serie von Sedimenten der gefalteten Ablagerungen der Penninischen Geosynklinale noch wenig oder keine Diagenese mitgemacht hatte und daher leicht Erosionsprodukte liefern konnte, wenn auch hauptsächlich durch ihre erosiven Kräfte als Suspension (auch müssen die Flüsse in einem so jungen Landgebiet wohl von Sturzbachcharakter gewesen sein). Dass ein solcher Mantel bestand, dafür spricht auch die Tatsache, dass den Konglomeraten gewisse Kalksteine in hohem Masse beigemischt sind, die jetzt vollkommen unbekannt in den heutigen Penniden(-Resten) sind. Dabei muss auch das Entstehen einer gewaltigen, geschlossenen Bergkette in diesem Teil der mediterranen Gegenden eine erhebliche Rolle gespielt haben mit allen Folgen auf Niederschlagbildung. Auch die Küstenerosion wird von gewissem Einfluss gewesen sein, da ein junges Gebiet angefressen wurde.

28. (gehört zu Seite 52): DEECKE (10) glaubt den Tätigkeiten des Meeres bei Transgression keine sehr wichtige Rolle zuschreiben zu können; er hebt besonders die Rolle der Tektogenese hervor. Hinsichtlich der grossen Zyklenbildung weist u. a. KLÜPFEL noch besonders auf die Rolle der tektonischen Bewegungen.

29. (gehört zu Seite 55): SIGNORINI, R. (1936): Determinazione del senso di sedimentazione degli strati nelle formazioni arenacee dell'Appennino settentrionale; Boll. Soc. Geol. Ital., Bd. 55, S. 259—265. Diese Arbeit, und besonders jene SIGNORINI's in Boll., Bd. 56 u. 57, sind aber aus anderen Gründen kritisch zu lesen.

30. (gehört zu Seite 55): Vgl. dazu CAVEUX, L. (1897): Mém. Soc. Géol. du Nord, Bd. 2, Nr. 2, S. 518; und TARR, W. A. (1925): Geol. Magaz., Bd. 62, S. 252—264.

31. (gehört zu Seite 55): Das *Alteocän* ist fossilleer (man kennt nur *Chondrites* Problematica), und man kann wohl vermuten, dass damals in Piemonte ein mehr oder weniger abgeschlossenes Meeresbecken bestand. Das gleiche gilt zum Teil für das *Tongrien*, und im *Langhien* bestand eine deutliche, ziemlich intensive Abschliessung des Turiner Beckens vom offenen Meere. Eine äusserst arme Bodenfauna konnte zwar hier und da zuweilen noch gedeihen (meistenteils noch in Sandschichten angetroffen), aber sicher müssen wir für den überaus grössten Teil der Kalkablagerungen wiederum annehmen, dass sie anorganischer Art sind, obwohl in allgemeinen kalkabscheidende Organismen wie Bakterien wohl eine gewisse, untergeordnete Rolle gespielt haben dürften, wie man jetzt annimmt (cf. TWENHOFEL, 32).

32. (gehört zu Seite 56): ANDREE (2, S. 373) glaubt, dass von den drei möglichen Ursachen [nämlich a. der mechanische Niederschlag ist konstant, der chemische und organogene setzt periodisch ein; b. der chemische oder organogene Niederschlag ist konstant, der mechanische setzt periodisch ein; c. beide Arten der Niederschläge wechseln periodisch ab] die erste die wahrscheinlichste ist. Kein Geringerer als ALB. HEIM glaubt, dass bei einer Oscillation der chemischen Bedingungen um eine Gleichgewichtslage herum der chemische Niederschlag selbst Schuld sein muss an der Veränderung der Bedingungen. Wir glauben aber nun, dass diese Ansichten nicht zutreffen, denn u. a. würde es zu zufällig sein, dass immer vor der Verbreitung einer jüngeren Sand- oder Mergelablagerung die Kalkbildung aufhörte durch ihre Niederschlagbildung selbst; wir hätten dann wohl nie die *Langhien*-Schichtung wahrnehmen können! Nicht der chemische (oder mechanische) Niederschlag,

sondern andere physisch-chemische Aenderungen sind daran schuld, wenn sie auch nicht die primäre Ursache sind (siehe unten).

33. (gehört zu Seite 56): Wie Beispiele anderer Repetitionsschichtungen lehren [ALB. HÄIM (1909): Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich, Bd. 54, S. 330—342; (1909): Actes d. l. Soc. Helvét. Sc. Nat., 92e Session, Lausanne, Tôme 1, S. 207; (1909): Arch. d. Sc. phys. et nat. de Genève (4e Pér.), Tôme 28, S. 468—469], bedarf es wahrscheinlich nur minimaler Oscillationen der physisch-chemischen Bedingungen, um wechselnd Kiesel- und Kalkabsatz zu verursachen. Das gleiche wird auch für die *Langhien*-Schichtung Geltung haben, im Einklang mit kleinen Senkungsbewegungen bezw. dadurch entstandener Oscillation in chemischen Gleichgewichtsverhältnissen, der Zufuhr salzärmeren Wassers zufolge; daher auch die schöne *Langhien*-Mikrozyklenbildung und jene so mancher anderer Formationen (cf. Notiz 13). Es ist wohl klar, dass, falls unsere Ansichten richtig und kleine Oscillationen

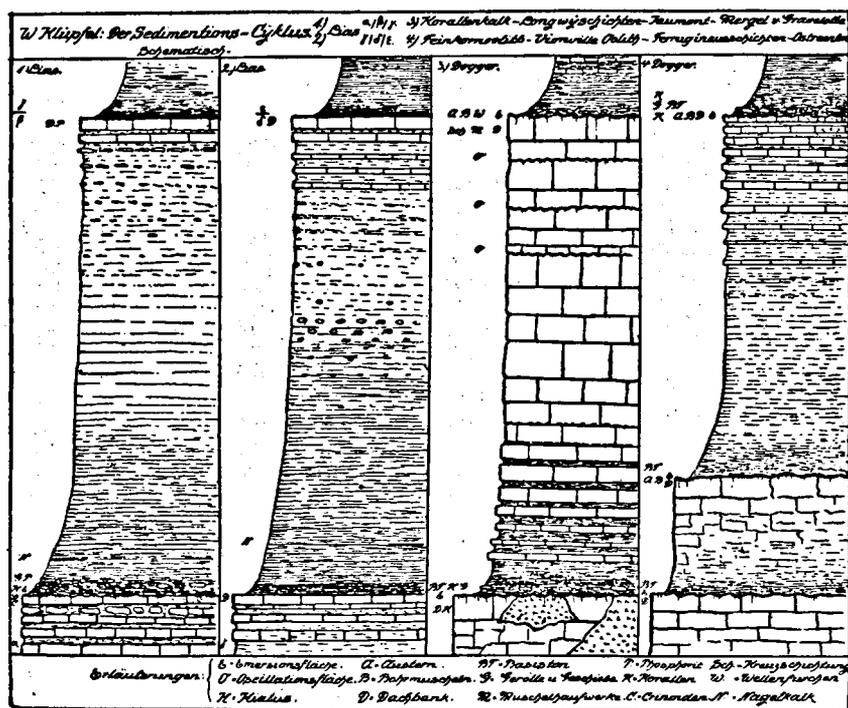


Abb. 9.

Beispiele von Sedimentationszyklen aus dem Lothringer *Jura*: nach KLÜPFEL (19, S. 98). Von unten nach oben steigt der Kalkgehalt der Serien allmählich, indem sich unten erst kalkige Bänkechen oder Knollenlagen ausscheiden, die höher im Profil in immer deutlicher abgegrenzten, immer kalkreicheren Bänken übergehen. Viele dieser „Grosszyklen“ enden mit einer „Emersionsfläche“, eine Komplikation, die oben schon geschildert wurde im Verband mit der Gedanke, dass es sich um Variationen der Sinkgeschwindigkeit von immer sich senkenden Meeressböden handelt, nicht um abwärts- und aufwärtsgehende Bewegungen.

schon ausreichend sind, durch kleine Bodenbewegungen und durch den starken lithologischen Gegensatz Kalk-Mergel (bezw. Sand) viel schneller auch ein deutlicheres Schichtungsbild entsteht. Kleine Bodensenkungen brauchen aber nicht so schön im Schichtungsbild ausgeprägt zu sein, falls nur z. B. der lithologische Gegensatz Feinsand-Mergel vorhanden ist und viel langsamer entwickelt wird als der oben angegebene Gegensatz.

Dies kann u. E. auch die Erklärung liefern, warum ARBENZ (4, S. 250) bei Betrachtung eines grossen Zyklus niemals einen so schönen Uebergang von einer kalkschichtreichen Serie in eine mergelreiche Serie wahrnimmt wie umgekehrt: bei Aenderung einer Mergelserie in eine kalkreiche Serie! Man vergleiche hierfür auch die Illustrationen von KLÜPFEL's Zyklen (besonders 18, S. 28—29 und 19), von denen eine hier wiedergegeben wird: Abb. 9.

Denn viele der von KLÜPFEL untersuchten Zyklen zeigen durch zahlreiche schöne Merkmale deutlich, dass das Meer regelmässig flacher wurde innerhalb eines Zyklus. Die physisch-chemischen Bedingungen waren so, dass schliesslich immer leichter Kalkniederschlag stattfinden konnte, und die innerhalb des Verhaltens des grossen Zyklus stattfindenden kleinen Oscillationen der Bodensenkung (also  $\rightarrow$  phys. chem. Aenderung) konnte also immer leichter Repetitionschichtung, also Mikrozyklenbildung zur Folge haben!

34. (gehört zu Seite 57): Manchmal durch Nebenerscheinungen gehemmt, manchmal durch diese unterstützt: cf. Abb. 8b und 8a; es haben sich zuweilen innerhalb einer Kalkablagerung wieder ungünstige Verhältnisse geäussert.

35. (gehört zu Seite 57): Oder nicht, wie das *Langhien* uns lehrt an manchen Stellen, wo nur winzige kalkreichere Teile innerhalb einer Mergelserie auftreten (besonders im mittleren *Langhien*).

36. (gehört zu Seite 57): Geol. Magaz., Bd. 70, 1933, S. 455 usw.

37. (gehört zu Seite 57): Cf. z. B. KERNER VON MARILAUN: Palaeogeographie, 1934 (Gebr. Borntraeger), S. 94—95.

## 5. LITERATURVERZEICHNIS.

1. ANDREE, K.: Ueber stetige und unterbrochene Meeressedimentation, ihre Ursachen, sowie über deren Bedeutung für die Stratigraphie; Neues Jahrb. f. Min. etc., Beil. Bd. 25, 1908, S. 366—421.
2. —: Wesen, Ursachen und Arten der Schichtung; Geol. Rundschau, Bd. 6, 1915, S. 351—397.
3. —: Geologie des Meeresbodens, Bd. II, 1920; Leipzig, Gebr. BORNTRAEGER.
4. ARBENZ, P.: Probleme der Sedimentation und ihre Beziehungen zur Gebirgsbildung in den Alpen; Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich, Jhrg. 64, 1919, S. 246—275.
5. BEETS, C.: De Geologie van het Westelijk deel van het Heuvelland van Monferrato tusschen Turijn en Murisengo; Dissert. Leiden, 1941 (= Die Geologie des westlichen Teiles der Berge von Monferrato zwischen Turin und Murisengo; Ein Beitrag zur Geologie des Nordapennins; Leidsche Geol. Mededeel., Bd. 12, 1941, S. 195—250).
6. BORN, A.: Ueber jungpaläozoische kontinentale Geosynklinalen Mitteleuropas; Abh. Senckenberg. Naturf. Ges. Frankfurt, Bd. 37, H. 4, S. 507—583.
7. BRINKMANN, R.: Ueber die Schichtung und ihre Bedingungen; Fortschr. Geol. u. Pal., Bd. 11, 1932, S. 187—219.
8. CHIBBER, H. L.: The Geology of Burma; 1934, London, MACMILLAN.
9. DACQUÉ, EDG.: Paläogeographie; Enzykl. der Erdk., 1926, Leipzig u. Wien, FR. DEUTICKE.
10. DEECKE, W.: Ueber Meerestransgressionen und deren sich anknüpfende Fragen; Zeitschr. D. Geol. Ges., Bd. 68, 1916, S. 360—391.
11. FICHTER, H. J.: Geologie der Bauen-Brisen-Kette am Vierwaldstättersee und die zyklische Gliederung der Kreide und des Malm der helvetischen Decken; Beit. z. Geol. Karte d. Schweiz, N. F., Lief. 69, 1934.
12. GIGNOUX, M.: Géologie stratigraphique; Paris, 1936, 2e Édit., MASSON.
13. HÄNTZSCHEL, W.: Die Schichtungsformen rezenter Flachmeer-Ablagerungen im Jade-Gebiet; Senckenbergiana, Bd. 18, H. 5/6, 1936, S. 316—356.
14. HEIM, ARN.: Die Nummuliten- und Flyschbildungen der Schweizeralpen; Abh. Schweiz. Pal. Ges., Bd. 35, 1908.
15. —: Ueber submarine Denudation und chemische Sedimente; Geol. Rundschau, Bd. 15, 1924, S. 1—47.
16. —: Stratigraphische Kondensation; Eclogae geol. Helvet., Bd. 27, 2, 1934, S. 372—383.
17. KAISER, ER.: Der Grundsatz des Aktualismus in der Geologie; Zeitschr. D. Geol. Ges., Bd. 83, 1931, S. 389—407.
18. KLÜPFEL, W.: Zur Kenntnis des Lothringer Bathonien; Geol. Rundschau, Bd. 7, 1916, S. 1—29.
19. —: Ueber die Sedimente der Flachsee im Lothringer Jura; Ibid., Bd. 7, 1916, S. 97—109.
20. KUMM, A.: Schicht, Bank, Lager; Geol. Rundschau, Bd. 23 A, 1932, S. 186—200.

21. PAECKELMANN, W.: Ueber Beziehung zwischen Fazies und Tektonik im Devon des Sauerlandes; Zeitschr. D. Geol. Ges., Bd. 82, 1930, S. 590—598.
22. PHILIPPI, E.: Ueber das Problem der Schichtung und über Schichtbildung am Boden der heutigen Meere; Zeitschr. D. Geol. Ges., Bd. 60, 1908, S. 346—377.
23. SEMPER, M.: Schichtung und Bankung; Geol. Rundschau, Bd. 7, 1916, S. 53—56.
24. STAMP, L. D.: On Cycles of Sedimentation in the Eocene Strata of the Anglo-Franco-Belgian Basin; Geol. Magazine, Bd. 58, 1921, S. 108—114, 146—157, 194—200.
25. —: An Outline on the Tertiary Geology of Burma; Ibid., Bd. 59, 1922, S. 481—501.
26. —: Seasonal Rhythm in the Tertiary Sediments of Burma; Ibid., Bd. 62, 1925, S. 515—528.
27. STILLE, H.: Senkungs-, Sedimentations- und Faltungsräume; C. Rend. 11e Congr. Géol. Intern., S. 819—836, 1910.
28. —: Tektonische Evolutionen und Revolutionen in der Erdrinde; Antrittsvorles. Univ. Leipzig, 1913, VERT & Comp.
29. —: Studien über Meeres- und Bodensenkungen; Nachr. K. Ges. Wiss. Göttingen, math. physik. Kl., 1922, S. 83—95.
30. —: Grunfragen der vergleichenden Tektonik; 1924, Berlin, Gebr. BORNTRAEGER.
31. TRASK, P. D.: Recent Marine Sediments; a Symposium; London, MURBY, 1939.
32. TWENHOFEL, W. H.: Treatise on Sedimentation; 1932, Sec. Edit., Baltimore, WILLIAMS & WILKINS.
33. —: Marine Unconformities, marine Conglomerates, and Thicknesses of Strata; Bull. Amer. Ass. Petr. Geol., Bd. 20, 1936, S. 677—703.
34. VORTSCH, W.: Ursache und Einteilung der Schichtung; Jahrb. Geol. Bundesanst. Wien, Bd. 80, 1930, S. 453—496.
35. WALTHER, JOH.: Lithogenesis der Gegenwart; dritter Teil: Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft; 1894, Jena, GUST. FISCHER.
36. WEPFER, E.: Terrestrische Einflüsse bei der marinen Sedimentation und ihre Bedeutung; Zeitschr. D. Geol. Ges., Bd. 74, 1922, Monatsber., S. 39—47.
37. WINKLER, A.: Zum Schichtungsproblem, ein Beitrag aus den Südalpen; Neues Jahrb. f. Min. etc., Beil. Bd. 53, 1926, Abt. B, S. 271—314.