

Ueber Beeinflussung der Sedimentation durch Dislokation.

Von Ernst Nowack (Leoben).

Mit 4 Figuren im Text.

Die wahre, ureigene Methode der Naturwissenschaften ist die Induktion. Es liegt jedoch im Wesen des vorwärts drängenden, forschenden Geistes, hie und da den mühevollen, nur langsam Erfolge bringenden induktiven Weg zu verlassen und, gleichsam schöpferisch sich betätigend, zur Deduktion zu greifen. In unserer Wissenschaft bietet die Lückenhaftigkeit des Tatsachenmaterials noch einen besonderen Ansporn hiezu. Da die schärfsten und genialsten geistigen Kombinationen nicht an die unendliche Kompliziertheit des Naturgeschehens heranreichen können, so stellt sich meist unbewußt im Laufe der Deduktion ein schematisierendes Vorstellen vom Wesen und Werden der Dinge ein. Es entspricht dann dem natürlichen Entwicklungsgang der Wissenschaft, wenn mit fortschreitender induktiver Erkenntnis die deduktiv gewonnenen Schemata, die zunächst an und für sich bedeutenden Wert besitzen können, diesen allmählich wieder verlieren und neuen Ideen Platz machen.

Das beste Beispiel finden wir auf morphogenetischem Gebiet. Niemand kann den ungemein anregenden, befruchtenden, wahrhaft wissenschaftlichen Geist leugnen, den Davis mit seiner deduktiven Methode in die Morphologie hineingetragen hat. Es ist aber ein großer Fehler, ja ein Armutszeugnis für manche seiner Schüler und Anhänger, wenn sie starr an den Schemata ihres Meisters festhalten und sie gleich unverrückbaren Naturgesetzen werten wollen. Diese deduktiv gewonnenen Schemata werden mit fortschreitender, induktiv erlangter Erkenntnis immer wieder einer Korrektur bedürfen; sie bedeuten in der Forschung eben nur eine Etappe in der Entwicklung, sie sind ein anschauliches geistreiches Resumé unserer bisherigen Erfahrungen, ein ausgezeichnetes Verständigungsmittel¹⁾ — daher auch Lehrbehelf — und auch ein anregendes Diskussionsobjekt, aber kein abgeschlossenes Forschungsergebnis.

¹⁾ Hier sei auch an die überaus wertvollen, nicht zu entbehrenden schematischen graphischen Darstellungen erinnert!

Ähnlich wie auf morphogenetischem Gebiet ist es auch auf geologischem. Hier wie dort spielt besonders das zeitliche Schema eine große Rolle, das heißt die Vorgänge werden meist in ein strenges Verhältnis des zeitlichen Nacheinander gebracht. So sind ja auch unsere Formationen nichts anderes als große zeitliche Schemata, deren Erfassung gewiß eine große Errungenschaft der geologischen Forschung war und von immer bleibendem Werte sein wird, wenn auch schon längst erkannt ist, daß die erdgeschichtlichen Ereignisse sich nicht in durch Katastrophen voneinander scharf geschiedenen Zeitepochen, sondern in ständigem Flusse abgespielt haben; die Feststellung der Formationsgrenzen hat heute nur systematischen Wert.

Während also gewisse zeitliche Schemata sich ihre systematische Bedeutung wahren können, wenn auch die Vorstellung von der Natur der Dinge sich ändert, kann ein zeitliches Schematisieren bei Deduktionen, welche unmittelbar nur den Zweck verfolgen, die Natur eines Vorganges zu erfassen und uns dessen Verständnis zu ermitteln, auf Irrwege führen, die bei fortschreitender induktiver Erkenntnis sofort wieder verlassen werden müssen. — So werden zum Beispiel bei der Erklärung von Landformen mit Hilfe der Zyklustheorie Erosions- und Dislokationsvorgang in ihrem zeitlichen Verhältnis viel zu schematisch behandelt, so daß sich viele darauf gegründete Deduktionen als unrichtig herausstellen.²⁾

Im Folgenden soll auf ein verwandtes Beispiel, aber auf rein geologischem Gebiete, näher eingegangen werden.

In Lehrbüchern und in regionalgeologischen Abhandlungen werden wir in den Kapiteln über die geologische Geschichte und Entwicklung eines Gebietes der Erdoberfläche meistens Sedimentationsperioden und Dislokationsperioden scharf getrennt finden. Es erscheint fraglich, wie weit dies berechtigt ist. Jedenfalls ist es mehr der Drang zum Schematisieren — das Nacheinander der verschiedenen Vorgänge ist eben einfacher, leichter vorstellbar — als die Beobachtung, was zu dieser Verallgemeinerung geführt hat. Da es sich hier um das Eindringen in die Natur eines gewaltigen Komplexes von Vor-

²⁾ Es sei hier nur auf die Pencksche Arbeit: „Die Gipfflur der Alpen“ (Sitzungsber. d. Preuß. Akademie d. Wissensch, 1919) als Beispiel verwiesen, wo die Formen als Ergebnisse der interferierenden Erosions- und Dislokationsvorgänge betrachtet werden.

gängen, die in ihrer Gesamtheit den Entwicklungsvorgang ausmachen, handelt, kann ein Schematisieren auf diesem Gebiet gefährlich werden. So können prinzipiell falsche Vorstellungen von diesem Vorgang, dessen Enthüllung ja das Hauptziel aller Forschung ist, erweckt werden. Tatsächlich wird sich bei vielen, besonders solchen, die noch nicht so tief in das Verständnis des geologischen Geschehens eingedrungen sind, die Auffassung festsetzen, es schlossen sich Sedimentations- und Dislokationsvorgang beinahe aus, das heißt als setze immer förmlich mit einem Ruck die Hebung oder Faltung ein und bringe dadurch die Sedimentation plötzlich zum Abschluß. Aber auch hier muß der Revolutionsgedanke dem Evolutionsgedanken weichen! Wir müssen uns auch hier dem Banne alter, zeitlich schematisierter Vorstellungen entziehen und uns mit der Aufgabe vertraut machen, die interessanten Beziehungen der oft nebeneinander hergehenden, einander allmählich ablösenden Vorgänge der Sedimentation und Dislokation näher zu untersuchen.

Diese Beziehungen verdienen um so mehr beachtet zu werden, als deren Erkenntnis uns dem Verständnis gewisser Erscheinungen im Sedimentationsvorgang, andererseits auch des Mechanismus der Dislokationsvorgänge näherrücken kann.

Wohl sind schon gewisse kausale Beziehungen zwischen Sedimentation und Dislokation in den Kreis lebhafter Erörterungen gezogen worden. Es sei nur an den zuerst von James Hall erkannten Zusammenhang zwischen Räumen langanhaltender Sedimentation und Faltengebirgen erinnert, ferner an die Aufstellung des Begriffes „Geosynklinale“ durch Dana, welcher die ungeheure Anhäufung von Sedimentmassen in gewissen Räumen mit stetiger epirogenetischer (säkulärer) Absenkung dieses Raumes (also einer Synklinalbildung im großen) erklärte. Alle diese Beziehungen sind in neuerer Zeit durch Stille, besonders auf Grund der geologischen Verhältnisse in Nordwest-Deutschland, eingehend erörtert worden. Aber auch hier werden die Vorgänge meist in einem zeitlichen Nacheinander betrachtet oder, wenn schon Gleichzeitigkeit angenommen wird, die sich notwendig ergebenden Wechselbeziehungen nicht näher untersucht. Allein die verhältnismäßig einfachen Relationen, die sich zwischen Sedimentation und gleichzeitiger epirogenetischer Bewegung ergeben, sind schon in der erwähnten

Geosynklinaltheorie, dann in der Darwinschen Korallenrifftheorie — und zwar hier auch nach der biologischen Seite — gewürdigt worden. — Alpengeologen (Winkler, Spengler u. a.) haben jüngst auf die Zusammenhänge zwischen Konglomeratbildung und tektonischen Phasen hingewiesen; hier handelt es sich aber nicht um unmittelbare Beeinflussung der Sedimentation durch tektonische Vorgänge im Sedimentationsraum selbst, denn Konglomerate können als Sedimente rein terrestrischen Ursprungs auch nur auf tektonische Bewegungen im benachbarten Festland hindeuten.³⁾

Eine in der geologischen Wissenschaft seit langem bekannte Erscheinung ist es, daß sich aus gewissen Schichtkomplexen eine allmähliche Verseichtung des Sedimentationsraumes herauslesen läßt, sei es durch Zunahme terrigenen Materials oder — was den Fossilinhalt betrifft — durch Auftreten Seichtwasser- oder die Strandzone liebender Tierformen an Stelle einer pelagischen oder Tiefseefauna. Ja wir können an Stelle einer marinen Bildung direkt eine Festlandbildung treten sehen. Man hat diese Erscheinung des „Sedimentationszyklus“ stets mit einer „Regression“ des Meeres, das heißt einer Zurückdrängung des Meeres infolge tektonischer Heraushebung von Festland in Verbindung gebracht; man stellt sich wohl diese großenteils als eine Gebirgsbildung vor, ohne sich jedoch über die notwendig sich ergebende mannigfache Art der Beeinflussung der Sedimentation Rechenschaft gegeben zu haben.

Wenn nämlich ein bisher ruhiger Sedimentationsraum in Dislozierung gerät, so wird der Sedimentationsvorgang in ebenso mannigfaltiger Weise beeinflusst werden, als der Dislokationsvorgang mannigfaltig sein kann. Wohl werden alle Beziehungen zwischen Dislokation und Sedimentation in einer mit jeder submarinen Dislokation verbundenen Grunderscheinung wurzeln: der Änderung der Wassertiefe. Je nachdem diese Änderung eine positive oder negative ist (das heißt ob Hebung oder Senkung des

³⁾ Erst nach Abschluß des Manuskriptes gelangte mir die Arbeit von Arbenz: „Probleme der Sedimentation und ihre Beziehungen zur Gebirgsbildung in den Alpen“ in der Heim-Festschrift (Vierteljahrsschr. d. Naturf.-Ges. Zürich 1919) in die Hände, die vielfach ähnliche Probleme anschneidet wie diese Studie, und sich ihrerseits wiederum auf die neuesten Ergebnisse von Untersuchungen der Schweizer Geologen (wie bes. Staub und Argand) stützt.

Bodens in bezug auf den Meeresspiegel stattfindet), wird auch der Charakter der Beeinflussung sich zunächst in zwei Richtungen zeigen müssen, wobei in jeder dieser Richtungen die Beeinflussung eine materielle und eine biologische sein wird. Nehmen wir als Dislokationsvorgang eine epirogenetische Bewegung an, so werden sich entsprechend dem einfachen mechanischen Bilde dieses Vorgangs einfachere Relationen ergeben als bei einer orogenetischen Bewegung (Gebirgsbildung), bei der verschiedenartige Dislokationsformen (Faltungen, Bruchbildungen usw.) auf engem Raum in Erscheinung treten und sich gegenseitig kombinieren können.

Außer der Dislokationsform wird aber auch die Lage der Dislokation im Sedimentationsraum (ob peripherisch oder zentral) eine große Rolle spielen. Dann werden selbstverständlich Änderungen im Dislokationscharakter oder in der Dislokationsform, weiters Dislokationsgeschwindigkeit (bzw. Verhältnis zwischen Dislokations- und Sedimentationsgeschwindigkeit), ferner das Moment der Kontinuität oder Diskontinuität (Eintreten von Stillständen oder Geschwindigkeitsänderungen) des Dislokationsvorganges ihre Wirkung auf die Sedimentation äußern.

Es würde sich hier reiche Gelegenheit bieten, alle diese möglichen Relationen auf deduktivem Wege abzuleiten. Das würde jedoch durchaus nicht dem hier gesteckten Ziele entsprechen, das vielmehr dahin geht, durch Beobachtung gewonnene Erfahrungen an Stelle von schematischen Anschauungen zu setzen. Es möge nun im Folgenden die Beeinflussung der Sedimentation durch einen gebirgsbildenden Vorgang dargestellt werden, wie ich Gelegenheit hatte, sie an den Tertiärablagerungen Niederalbaniens kennen zu lernen.

Das Tertiär Niederalbaniens, das sehr vollständig — von den Übergangsschichten aus der Kreide bis zu den jüngsten Gliedern, die ins Quartär hinüberleiten, — entwickelt ist,⁴⁾ ist durchaus gefaltet; mit der Faltung gehen Bruchbildung

⁴⁾ Eine kurze, rohe Zusammenstellung der Stratigraphie des nieder-albanischen Tertiärs in den Verh. d. Geol. Staatsanst. Wien 1919 und Vortrag auf der Hauptvers. d. Deutsch. Geol. Ges., Hannover (Monatsber. 1920).

und Überschiebungsvorgänge Hand in Hand. Die Morphologie lehrt uns den formgebenden Einfluß dieser Faltung auf die heutige Landschaft, sie gibt auch zahlreiche Hinweise dafür, daß die tektonischen Vorgänge bis in die Jetztzeit hineinreichen.⁵⁾ Die Sedimententwicklung läßt den Einfluß der Tektonik jedoch schon seit Beginn der Neogen-Epoche erkennen.

Die stratigraphische Lückenlosigkeit erstreckt sich keineswegs auf die Tertiärentwicklung in ganz Niederalbanien. Besonders in den Randgebieten sehen wir zwischen Alt- und Jungtertiär eine Lücke in der Sedimentation, — es transgredieren hier Bildungen der Mediterranstufen über eozänen Flysch, stellenweise auch über Rudisten-Nummulitenkalk (eine Übergangsbildung aus der Kreide ins Eozän). Außerdem schließt die Sedimentation in gewissen Räumen schon früher ab, die räumliche Ausdehnung der jüngeren Glieder des Tertiärs schränkt sich allmählich ein und die jüngsten Bildungen besitzen schließlich nur noch geringe lokale Verbreitung. Diese Erscheinungen zeigen uns in ihrer Gesamtheit deutlich das allmähliche Landfestwerden des Gebietes des heutigen Niederalbanien. Wie sich diese Landwerdung vollzogen hat, das heißt in welcher Form sie erfolgt ist und welche Phasen sie durchgemacht hat, darüber gibt uns zunächst die Tatsache Aufschluß, daß eine Abhängigkeit in der Verbreitung der Sedimente von den heute feststellbaren tektonischen Elementen besteht. Das sagt soviel, daß die Landwerdung mit dem gebirgsbildenden Prozeß, der die heutige Tektonik geschaffen hat, in innerem Zusammenhang steht, daß das Auftauchen des Landes eine Heraushebung durch Faltung mit ihren Begleiterscheinungen war, wie wir das noch heute an der albanischen Küste sehen, wo die aus jüngsten Schichten aufgebauten Antiklinalen als Hügelrücken emporragen, während die Synklinalregionen noch teilweise unter Wasserbedeckung (Brackwasserseen und Sümpfen) stehen.

Aber noch eine weitere Erscheinung zeigt uns eindringlich den ursächlichen Zusammenhang zwischen Verlandung und Gebirgsbildung: Die allmählich platzgreifende und gleichfalls von

⁵⁾ Es sei diesbezüglich auf meine „Morphogenetischen Studien aus Albanien“ (Zeitschr. Ges. f. Erdk., Berlin 1920, Heft 3/4) verwiesen.

den tektonischen Elementen sich abhängig erweisende Faziesdifferenzierung in den niederalbanischen Tertiärablagerungen.

Mit der Wende des Alt- und Jungtertiärs beginnen nämlich im niederalbanischen Tertiär die bisher ziemlich univ ersellen Bildungen sich lokal verschiedenartig zu entwickeln, ein Vorgang, der sich im allgemeinen gegen die jüngeren Schichten zu, zu immer reicherer Mannigfaltigkeit steigert. In diesem Eintreten von horizontalen Faziesverschiedenheiten offenbaren sich lokal verschiedene Änderungen in den bathymetrischen Verhältnissen des Sedimentationsraumes und damit der Beginn von tektonischen Bewegungen. Mit der Feststellung dieses allgemeinen Zusammenhanges werden wir uns nicht begnügen, sondern wir wollen aus der Art der faziellen Änderungen auch Rückschlüsse auf den Charakter der sie bewirkenden tektonischen Vorgänge ziehen. In unserem Falle sehen wir eben in der Erscheinung der Faziesdifferenzierung nichts anderes als eine Widerspiegelung der im Sedimentationsraum statthabenden Dislokationsvorgänge im Sedimentationsprozeß. Das Merkmal dieser „tektonisch hervorgerufenen Faziesdifferenzierung“⁶⁾ ist ihre allmähliche Herauentwicklung aus univ ersellen Bildungen von geosynklinalem Charakter.

Es sollen nun im einzelnen die faziellen Erscheinungen im niederalbanischen Tertiär und deren Wechselbeziehungen zu den gebirgsbildenden Vorgängen verfolgt werden.

Nach der sehr gleichförmigen und univ ersellen Ablagerung des Rudisten-Nummulitenkalkes und des eozänen Flysches machen sich zunächst im mittleren Teile des niederalbanischen Flyschkomplexes (im wesentlichen Oligozän) Spuren gewaltiger tektonischer Vorgänge außerhalb des niederalbanischen Sedimentationsgebietes, im östlich benachbarten „Grünsteinland“⁷⁾ bemerkbar. Grobe Konglomerate, die nach West zu immer feinkörniger werden und in grobe Sandsteine übergehen, geben Zeugnis, daß auf dem Fest-

⁶⁾ In Anlehnung an den von Arbenz (l. c.) gewählten Ausdruck „orogene Sedimentation“ könnte man vielleicht von „orogener Faziesdifferenzierung“ sprechen.

⁷⁾ In Inneralbanien sind grüne Eruptiva in der sogenannten Serpentin-Schiefer-Hornstein-Formation sehr verbreitet.

land im Osten die Erosion mächtig wiederbelebt wurde; Lithothamnien-, Bryozoën- und Foraminiferen-führende grobklastische Bildungen, die stellenweise auch eine reiche Seichtwasserfauna von schwerschaligen Bivalven, Gastropoden und Echinoideen enthalten, sprechen von einer allgemeinen Verseichung des niederalbanischen Sedimentationsgebietes am Ausgang des Alttertiärs. Diese Regression zeigt nur eine Abhängigkeit von einer alten, im Osten liegenden Küstenlinie. Das niederalbanische Sedimentationsgebiet scheint selbst noch nicht eigentlich tektonisch aktiv gewesen zu sein, es ist nur randlich in den Bereich einer in Dislozierung begriffenen Scholle geraten.⁸⁾ Immerhin bedeutet das auch schon für das niederalbanische Sedimentationsgebiet den ersten Auftakt zur Dislozierung.

Im „oberen“ Flysch, mit Beginn des Jungtertiärs, finden wir bereits die ersten Anzeichen beginnender Dislokation im niederalbanischen Sedimentationsgebiet selbst. Und zwar wachsen die schon im Oligozän im Epirus aufgestiegenen und landfest gewordenen Faltenketten nun auch gegen Norden in das noch durchaus meerbedeckte niederalbanische Gebiet hinein und es heben sich infolgedessen in Südalbanien, in der Landschaft Malakstra (dem Bergland nördlich der unteren Vojusa) in der Fortsetzung der epirotischen Faltenzüge antiklinale Rücken aus dem Meer. Wir sehen das daran, daß der obere Flysch im Bereich dieser Antiklinalzüge teils geringmächtig (in etwas veränderter Form) oder gar nicht mehr entwickelt ist, teils — und zwar besonders an den gegen Norden untertauchenden „Walm“-Seiten — durch eine mergelig-sandige Lithothamnienkalkfazies mit Strandwasserkonchilien und Echinoideen vertreten wird.

Im Mittelmiozän ist eine Transgression zu erkennen, der jedoch in Niederalbanien, das ja noch zum weitestgrößten Teile unter Meeresherrschaft steht, nur lokale Bedeutung zukommt.⁹⁾ Sie kommt nur litoral zum Ausdruck,

⁸⁾ Die damalige Hauptfaltung des Dinarischen Gebirgssystems ging jedenfalls parallel mit gewaltigen Bewegungen in einer älteren Festlandsmasse.

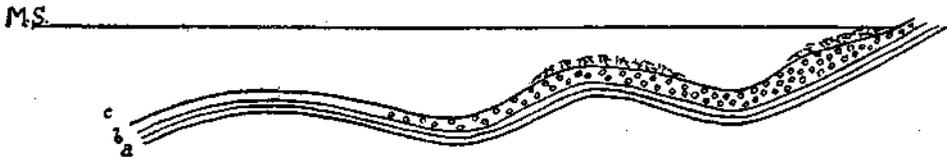
⁹⁾ Diese Transgression spielt sonst in der geologischen Geschichte der Balkanhalbinsel eine bedeutende Rolle. Sie bedeutet zum Beispiel

Schema der faziellen Beeinflussung der Sedimentation durch einen gebirgsbildenden Prozeß vom Typus der niederalbanischen Faltung.



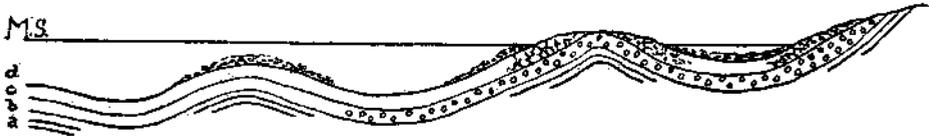
Figur I.

I. Grobe terrigene Einstreuungen im sich bildenden Sediment b infolge peripherer Hebungerscheinungen nach Ablagerung der universell entwickelten Schichtserie a.



Figur II.

II. Bei Ablagerung von Sediment c neritische Entwicklung außer an der Küste auch in den Antiklinalregionen des tektonisch aktiv gewordenen Sedimentationsraumes.



Figur III.

III. Verlandung der peripheren Antiklinalzonen und daher Abschluß der Sedimentation in denselben; neritische, beziehungsweise brackische Entwicklung des Sediments d in den neu sich aufwölbenden Antiklinen und in den peripheren Synklinen.



Figur IV.

IV. Verlandung nun auch der peripheren Synklinen und daher Sedimentationsabschluß auch hier; faziell differenzierte Entwicklung des Sediments e nach dem gleichen Schema wie von d.

indem die bisher durch die Dislokationsvorgänge verlandeten randlichen Teile wieder überflutet werden. Am schönsten und klarsten sehen wir die mittelmiozäne Litoraltransgression am Ostrande Niederalbaniens, in der Gegend von Tirana,¹⁰⁾ wo Leithakonglomerat-ähnliche Bildungen auf schon intensiv gefalteten Flysch übergreifen; ja die Strandplatte dieses Meeresstadiums ist sogar im Nummulitenkalk eingekerbt. Ein anderes Beispiel dafür, wie auch im südlichen Randgebiet Niederalbaniens die hier insel-, beziehungsweise halbinselförmig aufgetauchten Antiklinalregionen vom mittelmiozänen Meer wieder — wenigstens zum Teil — überflutet wurden, bietet uns die Gegend von Kremenare an der Vojusa, wo auf einer hier in Nummuliten- und Lithothamnienkalken ausgebildeten Abrasionsfläche Reste von transgredierendem Austernsand erhalten sind.

Die mittelmiozäne Transgression ist jedoch mit keiner merklichen Wasservertiefung im niederalbanischen Sedimentationsbereich — wie man das erwarten könnte — verbunden gewesen; der Charakter der Sedimente gibt wenigstens keinen Anhaltspunkt dafür. Das Vordringen des Meeres über den damaligen Küstensaum spricht wohl für eine vorübergehende Dämpfung, ja vielleicht für einen Stillstand oder gar Rückläufigkeit in den tektonischen Bewegungen, so daß die Abrasion die Oberhand gewinnen konnte. Es ist das offenbar jedoch nur eine Erscheinung im alten Festlandsbereich.¹¹⁾ Der Vorgang der allmählichen vertikalen Faziesänderung und gleichzeitigen horizontalen faziellen Differenzierung hat dadurch keine Unterbrechung erlitten; man muß daher annehmen, daß

für ganz Griechenland, das offenbar mit Ende des Alttertiärs vollkommen landfest geworden war, einen neuen Meereseinbruch; überall lagert das hier weit verbreitete Jungtertiär deutlich transgredierend auf älteren Bildungen (nach Renz).

¹⁰⁾ Mit der Verallgemeinerung dieser schon seit längerem bekannten Transgression wurde ein bedeutender Irrtum begangen; die Feststellung ihres nur lokalen Charakters gegenüber der ununterbrochenen Sedimentationsfolge im übrigen Niederalbanien wirft ein neues Licht auf die Entstehungsgeschichte der Adria, wie in den „Naturwissenschaften“ (1919, H. 49) bereits erörtert wurde.

¹¹⁾ Die Mulden selbst entziehen sich meist infolge Erfüllung mit jüngeren Sedimenten der Beobachtung; aber schon an den Rändern gewisser Muldenregionen reicht vom Mittelmiozän bis ins obere Pliozän diese eintönige Sandsteinfazies.

die Dislokationsvorgänge im eigentlichen Sedimentationsgebiet — wahrscheinlich mit einer zentripetal gerichteten Verschiebung ihres Schwerpunktes — fortgedauert haben. Es entwickelt sich in weiten Gebieten verhältnismäßig rasch eine Seicht- und Brackwasserfazies. Besonders in bezug auf das biologische Moment wird die Beeinflussung des Sedimentationsprozesses durch die tektonischen Vorgänge jetzt deutlich. Wieder treffen wir in den Antiklinalregionen Lithothamnien-reiche Fazies mit Strandfauna und innerhalb einer sandigen Fazies eine mächtige Entwicklung von Austernbänken, während weiter ab in den Flügeln gegen die Mulden zu eintönige fossilarme tonige Sandsteine herrschen.¹²⁾

Aber auch die großen Störungslinien (Längsbrüche, Überschiebungen) beginnen sich nun im Sedimentationsvorgang gleichsam abzubilden. So findet sich eine ausgesprochen abweichende Bildung (rote, sandige Mergel) in der überschobenen Mulde des Luftinjes-Baches in der südlichen Malakastra. In der überschobenen Mulde von Baleri (westliche Malakastra) ist das ganze höhere Miozän als mächtiger, fossil-leerer blaugrauer Schiefertone entwickelt, der noch sehr an die Ausbildung des „Oberen Flysch“ erinnert, wogegen in der überschiebenden Scholle geringmächtige Lithothamnien- und Austernreiche Sande auftreten. Die Prononcierung der synklinalen Charaktermerkmale des Sediments scheint mir ein deutlicher Hinweis darauf, daß diese Störungen sich schon gleichzeitig mit dem Faltungsprozeß entwickelten und ihre Keime wahrscheinlich schon in der ersten Anlage der Faltengebilde (als Asymmetrie) enthalten waren.¹³⁾

Im Obermiozän muß die Faltung weiter fortgeschritten sein und zu immer weiterer Heraushebung auch der Mulden geführt haben, denn es entstanden nun

¹²⁾ Allgemein gilt eine Transgressionsdiskordanz als Hinweis auf vorausgegangene Gebirgsbildung. Dies ist dahin zu beschränken: „Gebirgsbildung, die zur Verlandung der dislozierten Elemente geführt hat.“ Die theoretisch notwendigen Diskordanzen bei submariner Dislokation sind Differentiale und entziehen sich der Beobachtung.

¹³⁾ Andere Störungen in Niederalbanien (wie zum Beispiel der Bruch am Westrand der Ischmi-Ebene) lassen aus der morphologisch-hydrographischen Entwicklung erkennen, daß sie erst in einem späteren Entwicklungsstadium der Faltung zustande kamen. (Siehe „Morph. St.“, I. c.)

auch in den (östlich gelegenen) Synklinalregionen Seicht- und Brackwasserablagerungen (Bildungen von sarmatischem Charakter, lagunäre Braunkohlenflöze) und in den Antiklinalregionen schließt vielfach (im Osten und Süden) die Sedimentation ab, so daß anzunehmen ist, daß in ihnen weiteres Land zum Auftauchen gelangte.

In den Synklinalen ging die Sedimentation ins Pliozän hinein fort. Eisenschüssige grobe Sande und Schotter, stellenweise mit massenhaft verkieselten Hölzern, zeugen für eine intensive Erosionstätigkeit im benachbarten Festland, welche in einem gewaltigen Emporsteigen desselben und der damit verbundenen negativen Strandverschiebung seine Ursache hatte.¹⁴⁾

Mit diesen unterpliozänen (dem Pontikum vergleichbaren) Bildungen schließt nun auch in den östlichen Synklinalzonen die Sedimentation ab; es wurden somit jetzt auch diese Teile Niederalbaniens landfest.

In dieser Zeit scheint auch im niederalbaniischen Gebiet eine neue Bruchphase eingeleitet zu werden, die wahrscheinlich durch die fortschreitende tektonische Entwicklung (Überanstrengung einzelner Faltelemente), vielleicht auch durch Hinzutreten oder Intensitätszunahmen einzelner Kräftekomponenten zur Auslösung gebracht wurde. Während der schon erwähnte Bruch am Westrande der Ischmiebene wohl erst nach Abschluß der Sedimentation sich auszubilden begann, scheinen in der Zone eines anderen Bruches (des Scheitelbruches der Sassi-bianchi-Antiklinale östlich Kawaja) Anzeichen dafür vorhanden zu sein, daß dieser Bruch schon während der Sedimentation zur Entwicklung kam, zum Teil sie vielleicht auch neu einleitete. Auffallend ist hier nämlich die plötzlich einsetzende große Mächtigkeit der Pliozänablagerungen, die hier lokal über Flyschbildungen transgredieren. Man könnte sich den Vorgang so vorstellen, daß die antiklinale Emporwölbung schon weit vorgeschritten und die Scheitelregion über den Wasserspiegel emporgewachsen war, als die Zerreißung im Innern des Gewölbes und gleichzeitig eine intensive Rücksenkung (und zwar besonders im westlichen Flügel) eintrat. Dies mußte eine Überflutung,

¹⁴⁾ Diese offenbart sich sehr deutlich in der Entwicklung des Westabsturzes des Mali Dajtit bei Tirana.

beziehungsweise neuerliche Wasservertiefung zur Folge haben und die Sedimentanhäufung mußte desto mächtiger werden, einen je größeren Betrag die Rücksenkung erreichte. In diesem Falle hätten wir auch ein gutes Beispiel einer rein episodischen Bruchbildung, die längst zur Ruhe gekommen ist und von anderen, entgegengesetzten Bewegungen abgelöst wurde.

Der Sedimentcharakter der in den westlichen Gebieten Niederalbaniens universell entwickelten „Piacentin“-Tone weist durch seine außerordentliche Gleichförmigkeit das erste Mal seit Beginn der Dislokationsvorgänge auf eine tektonische Ruhepause im Sedimentationsraum hin, die sich gleichzeitig, — wie die Feinheit des Sedimentmaterials zeigt — auf das benachbarte Festland erstreckt haben muß.¹⁵⁾

Dagegen ersehen wir an den wieder sehr stark faziell differenzierten Bildungen, die der italienischen „Astistufe“ entsprechen dürften, daß der Faltungsvorgang schon im oberen Pliozän seine Wiederauflebung erfuhr. Er begann auch weiter ins adriatische Sedimentationsgebiet vorzugreifen und hatte schließlich neue Landangliederungen zum Gefolge. Der allgemeine Sedimentcharakter (meist Sande, Konglomerate) deutet darauf hin, daß gleichzeitig bedeutende Hebungsvorgänge im benachbarten Festland vor sich gingen.¹⁶⁾ Die allgemein erkennbare Verseichtung im Sedimentationsbereich erfolgte, wie aus den faziellen Unterschieden herauszulesen ist, nicht überall mit dem gleichen Betrag. Wieder sehen wir die Abhängigkeit von der Dislokationsform: der Faltung. In der Scheitelregion des flachen Pestjan-Likovun-Gewölbes (westlichster Ausläufer des Malakstra-Berglandes) folgen direkt auf die in tiefen Schluchten aufgeschlossenen Piacentin-Tone sandig-tonige Schichten mit einer ungeheuer individuenreichen Brackwasserfauna,¹⁷⁾ während gegen die Flügel zu, an den Mulden-

¹⁵⁾ In diese Zeit fällt wahrscheinlich die Ausbildung des breiten pliozänen Skumbitalbodens, dessen Reste man zwischen Kjuks und Elbasan beobachten kann.

¹⁶⁾ Ein bedeutender Anteil der Erosionsleistungen des heute in tief eingeschnittenen Tälern dahinfließenden mittleren Skumbi und Devoli fällt offenbar in diese Epoche.

¹⁷⁾ Wahrscheinlich bildeten sich an den Antiklinalregionen Nehrungen mit dahinterliegenden Haffen aus.

rändern mannigfache litorale Bildungen entwickelt sind. Gegen die Muldenränder (untere Vojusa-Synklinale, Muzikiè-Synklinale) folgte dann noch weiter Sedimentierung, Schotter und Konglomerate, die ins Quartär hinüberleiten.

In den Mulden selbst sind die Asti-Bildungen nicht zu beobachten, da diese mit quartären Lehmen und Flußanschwemmungen erfüllt sind; zum Teil dauert in ihnen brakische Sedimentation (Kneto Durcit) oder limnische Sedimentation (Liceni Terbuf) noch bis heute an. Vermutlich sind die Asti-Bildungen in den Synklinalen noch marin, das heißt überhaupt nicht als solche, sondern wahrscheinlich noch in der Fazies der Piacentin-Tone entwickelt, worauf dann die größtenteils schon quartären brackischen und Ästuarien-Bildungen folgen.

Unsere Beobachtungen **zusammenfassend** und die notwendigen Schlußfolgerungen für unser als Beispiel vorgeführtes Gebiet ziehend, können wir also im allgemeinen erkennen, daß sich in den Sedimentationsverhältnissen des niederalbanischen Tertiärs die während der Sedimentierung wirksamen Dislokationsvorgänge durch lokal in verschiedenem Niveau eintretenden Sedimentationsabschluß durch allmähliche Faziesänderung und die parallel gehende Erscheinung der horizontalen Faziesdifferenzierung zu erkennen geben. Die Sedimentausbildung zeigt sich abhängig von den Dislokationsformen (in unserem Falle den Faltelementen usw.). In den Antiklinalregionen und überschiebenden Schollen schließt die Sedimentation früher ab und eilt das Sediment in seiner Entwicklung, die im allgemeinen von Bildungen tieferen zu solchen seichteren Wassers führt, gleichsam voraus, während die Synklinalregionen und überschobenen Schollen (überschobenen Mulden) in ihr zurückbleiben.¹⁸⁾ Überdies ist in den Antiklinalregionen der Sedimentcharakter im allgemeinen mannigfaltiger, in den Synklinalzonen eintöniger.

Von den Beeinflussungen der Sedimentation durch Dislokationsvorgänge im Sedimentationsgebiet konnten

¹⁸⁾ Das stratigraphische Schema für solche Gebiete wäre demnach also nicht $\frac{a}{b}$ sondern $a \setminus b$ beziehungsweise $\frac{b}{a \setminus}$ oder $\setminus \frac{b}{a}$ das heißt die Schichten folgen nicht scharf übereinander, sondern gehen seitlich ineinander über, sich ganz oder teilweise vertretend.

wir jene trennen, welche durch Dislokationen im benachbarten Festlande hervorgerufen wurden. Diese äußern sich nur in der Materie des Sediments (besonders grobes Korn), ferner durch das Auftreten von litoralen Transgressionen und Regressionen; erstere können, aber müssen nicht notwendig tektonische Ruhepausen auch im Sedimentationsraum anzeigen.

Es wäre wohl verfehlt, diese, an dem Beispiel aus dem nieder-albanischen Tertiär gewonnenen Erfahrungen in ein allgemeines Schema zu kleiden. Es sollte hier nur die Tatsache der Existenz solcher Beziehungen zwischen Sedimentation und Dislokation, wie wir sie eben kennen gelernt haben, vorgeführt werden. Bei der Fülle der Begleitumstände und der möglichen Kombinationen im Ineinandergreifen der Vorgänge, bei der Wahrscheinlichkeit des Eintrittes von nicht vorauszusehenden Komplikationen, ist es nicht anzunehmen, daß es in anderen Gebieten, in denen die Sedimentation durch Dislokationsvorgänge beeinflußt wurde, auch zu den gleichen Relationen gekommen ist. Bestenfalls können wir unser Beispiel als einen Typus ansehen für den Fall, wie sich die Sedimententwicklung in Landnähe bei mählichem Weitergreifen eines gebirgsbildenden Prozesses vom Festlande gegen den Sedimentationsraum gestaltet, wenn dieser Prozeß auch hier allmählich zur Verlandung führt.
