

Werk

Titel: Transgression und Regression als einheitlicher Vorgang

Autor: Scupin, Hans

Ort: Berlin

Jahr: 1923

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?345572157_0014|log105

Kontakt/Contact

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

✉ info@digizeitschriften.de

Inselzug etwa nach Südwesten. Er erfüllte schon seit der Trias alle Funktionen des anscheinend unentbehrlichen, aber, nördlich der helvetischen Zone (unter der Molasse), unbedingt unhaltbaren vindelizischen Gebirges: er trennte Helvetisches + Bündner Schiefermeer von dem südöstlich benachbarten Kalkalpinen Meer mit mediterraner Fazies. Heute ist der Rumunische Rücken durch tektonische Bewegungen der Jungtertiärzeit, durch die Überschiebung der Kalkalpen nach Norden und Nordwesten verdeckt, und Gesteine von ihm sind nur als Unterostalpinen Deckensystem an der Westgrenze der Ostalpen, weiter östlich gar nur als kristalline Klippen sichtbar. Für die Kreide konnte er vor allem aus der Sedimentbeschaffenheit der beiden benachbarten Meere nachgewiesen werden.

Abgesehen davon gliederte sich das nach Norden wachsende Alpengebirge Teile des bisherigen Mitteleuropäischen Kontinentes an. Genauer besprochen wurde das am Beispiel der Buchdenkmalzone in den östlicheren Ostalpen (heute die Klippenzone an der Kalkalpenbasis): im Neokom noch Südrand der Böhmisches Masse, wurde sie im Gault tief in die darüber hinwandernde Randsenke hinabgezogen, um in der oberen Kreide als Alpenteil, als autochthone kristalline Randmassive wieder emporzusteigen. Sie bildeten gemeinsam mit dem Rumunischen Rücken bis zum Ende des Alttertiär die nördliche Randzone der Ostalpen und erklären die von der Molasse abweichende Zusammensetzung des Flysches, seine relative Kalkarmut, das kristalline „exotische“ Material, das er enthält. Im späteren Tertiär wurden auch sie von den Kalkalpinen Schubmassen überfahren.

Turon-Senon-Transgression und Danien-Untereocän-Regression wurden als Ereignisse gedeutet, die sich unabhängig vom Eigenleben der Ostalpen vollzogen, aber eine genaue Datierung vieler Vorgänge ermöglichen.

Ferner:

Transgression und Regression als einheitlicher Vorgang.

Von Hans Scupin (Dorpat).

(Mit 4 Textfiguren.)

Transgressionen und Regressionen sind es, die unablässig an der Veränderung des paläogeographischen Bildes unserer Erdoberfläche arbeiten und durch die Wanderung von Faunen auch die Mannigfaltigkeit der organischen Erdgeschichte mit veranlassen. Ganz gewiß sind es in erster Linie nicht orogenetische, sondern epirogenetische Bewegungen, welche das Vordringen des Meeres über weite Landflächen bedingen. Das wird trotz der Verwirrung, die z. T. in der Literatur über die Begriffe Epirogenese und Orogenese herrscht, wohl kaum bestritten werden können, wenigstens nicht, wenn man diese Begriffe so faßt, wie es H. STILLE¹⁾ tut, m. E. die einzig mögliche Form, beide

¹⁾ H. STILLE, Die Begriffe Orogenese und Epirogenese. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges., 71. Abh., S. 164, 1919.

Die in der Literatur herrschende Unklarheit betreffs dieser beiden Begriffe beruht vor allem darin, daß die Zeit der Bildung der Sedimentationsräume nicht scharf von der Zeit der Faltung unterschieden wird, und daß der Unterschied beider nicht als ein grundsätzlicher, sondern als ein gradueller aufgefaßt wird. Bei der Epirogenese fallen Bewegungsvorgang und Sedimentation zusammen, bei der Orogenese folgt der Bewegungsvorgang der Sedimentation. Folgen neue epirogenetische Bewegungen, so kommen sie in klaren tektonischen Diskordanzen zum Ausdruck. Fehlen orogenetische Bewegungen zwischen den epirogenetischen, so ergeben sich nur Erosionsdiskor-

sachlich scharf auseinander zu halten. Bei den großen Transgressionen des Mittelkambriums in Europa, des Oberkambriums in Nordamerika, des Ober-silurs, des jüngeren Devons, des Zechsteins, der mittleren und obersten Trias, des oberen braunen Jura, der Oberkreide und des Oligozäns sinken weite Landflächen unter Wasser, teils gleichmäßig tiefer gleitend, teils gelegentlich in ihrer Bewegung langsamer werdend oder stockend, aber jedenfalls in breiter Fläche sich abwärts bewegend, ohne Faltung und im allgemeinen bruchlos¹⁾. In gleicher Weise sind auch mindestens die großen erdgeschichtlichen Regressionen außerhalb der großen Faltungsepochen epirogenetisch aufzufassen.

Natürlich können regional und episodisch auch orogenetische Bewegungen größere Bedeutung erlangen; man denke nur an den Einbruch des östlichen Mittelmeeres, wo also auch das betroffene Gebiet immerhin schon eine recht erhebliche Ausdehnung erreicht. Der regionalen Strandverschiebung größeren Ausmaßes entspricht dann eine allgemeinere geringen Betrages mit umgekehrtem Vorzeichen. Schon E. SUESS wies darauf hin, daß der Einbruch des griechisch-levantinischen Meeres, wenn man die KRÜMMELschen Werte zu Grunde legt, ein Fallen des Meeresspiegels auf der ganzen Erde um etwa 4 m zur Folge gehabt haben könnte²⁾. Ebenso muß die regionale Aufwölbung von Falten am Meeresboden oder das Aufsteigen einer Wasser verdrängenden Scholle ein allgemeines Übergreifen des Meeres über seine Ränder bewirken, dem dann ein der Verteilung auf die Gesamtheit der Küsten entsprechendes geringeres Ausmaß zukommt. Örtliche bezw. regionale positive Strand-

danzen (Wolgastufe auf Fusulinenkalk im Moskauer Becken). O. WILCKENS (Grundzüge der tektonischen Geologie S. 3), der beide Vorgänge nur als graduell verschieden bezeichnet, betrachtet zwar die oberrheinischen Gebirge als orogenetische Aufwölbungen, die Einmündung des Pariser Beckens aber als epirogenetisch. Derselben orogenetischen Bewegung wie der oberrheinische Trias-Sattel gehört aber auch der Jura im Osten und Westen an und schließlich auch die nordfranzösische und englische Kreide. Wir haben hier eine große Geosynklinale zwischen böhmischer Masse, französischem Zentralplateau und dem schottischen Massiv, die sich bis zum mittleren Jura, wenn auch gelegentlich im ganzen oder regional in der Bewegung stockend und oszillierend einsenkte, sich dann im oberen Jura stärker differenzierte, wobei regionale Trockenlegung durch orogenetische kimmerische Bewegungen erfolgte, und schließlich im Osten am Rande des Böhmisches Massivs verlandete, während die Sedimentierung im Westen weiterging, bis in der oberen Kreide auch dieses Ostgebiet wieder unter Wasser sank. Diese ganze epirogenetische Dauerbewegung umfaßt also ein viel ausgedehnteres Gebiet, als das, was man als Pariser Mulde bezeichnet, und ist viel älteren Ursprungs als die orogenetische Faltung, welche diese Mulde schuf.

In ähnlicher Weise ist für E. DACQUÉ (Grundlagen und Methoden der Paläogeographie S. 133) die mitteldeutsche Rahmenfaltung nur eine epirogenetische Bewegung. Es bleibt aber wohl zu unterscheiden zwischen dem nach Abschluß der mittelrotliegenden Faltung beginnenden epirogenetischen Senkungsvorgang und der späteren saxonischen orogenetischen Faltung (vgl. hierzu die Ausführungen STILLES a. a. O. S. 185). — Wenn TORNGUIST, der das ganz Verschiedenartige beider Vorgänge betont (Allgemeine Geologie S. 521), das Thüringer, das niedersächsische und das norddeutsche Becken als Kleingeosynkinalen unterscheidet, so ist damit wohl nur die Differenzierung bei dem epirogenetischen Senkungsvorgang vor der saxonischen Faltung gemeint, der ja besonders in der zeitweisen Trockenlegung des ganzen großen Gebietes im Osten während des Lias und der Unterkreide zum Ausdruck kommt.

¹⁾ S. unten.

²⁾ E. SUESS, Antlitz der Erde II, S. 689.

verschiebung bedingt also allgemeine negative, örtliche negative allgemeine positive, wobei die allgemeine stets nur einen geringen Betrag erreichen wird.

Auch die variszische Faltung hat sicher noch außerhalb der „alpinotypen“ Zentralketten breite Flächen des Vorlandes herausgehoben und ist demnach nicht ohne Einfluß auf die Bewegung der Küstenlinie gewesen, aber sie war es sicher nicht allein. Die Sedimente des west- und mitteldeutschen Unterkarbons zeigen ein deutliches Flacherwerden des Meeres und diese Bewegung war wenigstens größtenteils epirogenetisch. Das Gleiche gilt von den „germanotypen“ flacheren Falten der saxonischen Faltung in Deutschland. Die Landbildung¹⁾ zwischen süd- und norddeutschem Meer im oberen Teile des Jura mag orogenetisch bedingt sein, die Trockenlegung des östlichen Deutschlands im Lias und der Unterkreide ist völlig, die vor bzw. am Beginn des Alttertiärs und dem des Jungtertiärs im wesentlichen epirogenetisch zu erklären.

Betrachten wir die Kreidetransgression in Deutschland und zwar in ihrem randlichen Teile in Sachsen, Böhmen und Schlesien, so ist hier ein Einsinken einer großen Landfläche in breiter Ausdehnung zu beobachten. Von einem Einbruch des Meeres in eine grabenartige Versenkung (Elbgraben) wie ihn LEPSIUS²⁾ schildert, wo also ein orogenetisches Moment betont wird, kann nicht die Rede sein. Das vordringende Meer überflutete das heutige Erzgebirge wenigstens in seinem östlichen Teil und, wie ich annehmen muß, auch die Lauitzer Platte. Das dürfte vor allem aus der steilen Stellung der Kreide im Osten der Lausitzer Platte in der Gegend von Görlitz hervorgehen. Die Gegend des heutigen Riesengebirges blieb als Insel stehen, ebenso blieb ein Landstreifen von der Überflutung verschont, den ich als „ostsudetische Landmasse“ an anderer Stelle³⁾ geschildert und näher begründet habe.

In der Umgebung dieser Landschwellen senkte sich der Boden in breiter Fläche und in sich bruchlos. Ob dabei am Rande Brüche auftraten, ist nicht zu entscheiden, doch ist die Neigung auf der Ostseite der Riesengebirgsinsel gegen den eingesunkenen Sedimentationsraum etwas größer als sonst bei rein epirogenetischen Bewegungen. Das ergibt sich aus der großen Mächtigkeit der Kreide in Schlesien, wo die im Westen denudierten jüngsten Kreideschichten noch erhalten sind. War diese Riesengebirgsinsel vorhanden, wie dies auf Grund der Abnahme des grobklastischen Charakters der Sedimente vom Riesengebirge aus nach Nordwesten und Westen, also des Auftretens von peripherischen tonigen und mehr zentralen sandigen Zonen angenommen werden muß, und blieb diese Insel bis ins Untersenon bestehen, wofür der Fund eines Rotliegend-Gerölles in der Görlitzer Gegend spricht, so muß ein Absenkung des Bodens von 700–800 m oder mehr gegen diese Riesengebirgsinsel stattgefunden haben. Vom heutigen Westrand der schlesischen Kreide aber, der als westlicher Bruchrand des Lähner Grabens noch nicht den alten Uferrand bezeichnet, beträgt die Entfernung bis zu der anzunehmenden Küste höchstens 10 bis 15 km. Das entspricht einer ursprünglichen Durchschnittsneigung des Untergrundes von 3–5° am Ende der Einsenkungsperiode, die aber immer noch mit der Annahme einer epirogenetischen Bewegung vereinbar wäre; denn es kommt ja in diesem Fall nur darauf an, daß die Neigung durch einen Senkungs-Sedimentationsvorgang hervorgerufen wird, nicht durch Gebirgsdruck, der

¹⁾ POMPECKJ, Die zoogeographischen Beziehungen zwischen den Jura-meeren Nordwest- und Süddeutschlands. Jahresber. d. niedersächs. geologischen Vereins 1909, S. 10.

²⁾ LEPSIUS, Geologie von Deutschland II, S. 176,

³⁾ SCUPIN, Über präcenomane junge Krustenbewegungen und die Verteilung von Wasser und Land zur Kreidezeit in der Umgebung des Erzgebirges und der Sudeten. Zeitschr. f. Naturwiss. Bd. 82, 1910, S. 321.

weitere Falten oder Brüche während der Senkung und damit innere Diskordanzen hervorrufen mußte, die hier fehlen.

Deshalb würden auch im vorliegenden Falle Flexuren oder sogar Absenkungen an Randspalten nichts gegen einen epirogenetischen Vorgang beweisen, da hier eine junge präcenomane Faltung festzustellen ist. Die Kreide liegt wie gezeigt (a. a. O.) im Bober-Katzbach-Gebiet übergreifend teils auf Unterem, teils Mittlerem, teils Oberem Buntsandstein, teils auf Muschelkalk und man wird daher hier wohl eine kimmerische Phase der saxonischen Faltung annehmen dürfen. Es wäre somit durchaus verständlich, wenn bei der epirogenetischen oberkretazischen Bewegung ein weiteres randliches Abgleiten an Spalten der kimmerischen Krustenbewegung erfolgte.

Es mögen daher auch bereits in der Unterkreide gewisse tektonisch bedingte Niveauunterschiede vorhanden gewesen sein, die sich dann in der Oberkreide weiter steigerten, wobei der Meeresgrund eine wechselnde Lage zu der Landmasse gehabt haben muß, in den bald bei stärkerer Vertiefung die feinklastischen Ablagerungen (Pläner) gegen das Zentrum vordrangen, bald sich vom Zentrum aus die grobklastischen sandigen Sedimente wieder über die Pläner vorschoben, wodurch ein Oszillieren vorgetäuscht wird, während in Wirklichkeit nur Perioden stärkerer relativer Senkung mit solchen stärkerer Aufschüttung abwechselten, welche letztere gerade wieder durch die stärkere Senkung und das dadurch bedingte stärkere Gefälle der Flüsse ausgelöst werden. Solche Perioden überwiegender Senkung sind das Obere Cenoman und die Obere Scaphitenzone, stärkerer Aufschüttung die Brongniartzone. Nach der Scaphitenzone, wo die Meerestiefe ihr Maximum erreicht, schreitet wohl die Senkung noch weiter vor, aber sie wird überkompensiert durch die Aufschüttung. Dieser von mir als Kampf zwischen Senkung und Aufschüttung geschilderte Vorgang ist nur möglich bei einer dauernden Verschiebung des Meeresgrundes gegen das Land, das die Sedimentmassen liefert.

Wie erfolgt nun der Rückzug des Meeres? Zum Teil kann er schon durch einfache Verlandung bzw. Zuschüttung des Beckens erklärt werden. Während in Böhmen im Osten im Emscher Sandsteine abgelagert werden (Chlomecker Schichten), treten im westlichen Böhmen noch tonige Bildungen auf, und zwar schreitet diese sandigen Ablagerungen von der Cuvieri-Zone ab ganz allmählich nach Westen vor. Aber diese Verlandung in Form von Zuschüttung des Beckens würde nicht genügt haben, um den völligen Rückzug zu erklären. Waren es nun orogenetische Bewegungen?

Man könnte bei den flach liegenden, nur bis zum Emscher erreichenden Ablagerungen Sachsens und Nordböhmens daran denken, daß sie an Spalten tektonisch gehoben und dadurch trocken gelegt sind, wobei die ebenfalls überflutete Lausitzer Platte eine noch stärkere Aufwärtsbewegung erfahren hätte in der Art, wie es STILLE allgemein in einer schematischen Zeichnung andeutet¹⁾. Der sächsisch-böhmische Befund würde die Möglichkeit geben, diese Bewegung in das Untersenon zu verlegen. F. FRECH hat für Schlesien diese Möglichkeit auch in Erwägung gezogen, wenn er in einer Mitteilung an H. STILLE betreffs des Fehlens von Anhaltspunkten für eine frühsenone Gebirgsbildung in den Sudeten bemerkt: „... man müßte denn die endgültige Trockenlegung des Nordrandes der Sudeten und die gleich-

¹⁾ H. STILLE, Die saxonische Faltung. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges., 65. Monatsber. 1913, S. 582, Textfigur rechts, nur daß in dieser Figur die am stärksten orogenetisch gehobenen Schollen noch nicht die epirogenetische Senkung kompensiert haben, während in der südostdeutschen Kreide eine epirogenetische Hebung die Senkung kompensiert und ein orogenetischer Vorgang die Schichten noch weiter hob, wobei am allerstärksten die Lausitzer Scholle emporgepreßt wurde.

zeitige Bildung von untersenonen Süßwasserbildungen mit *Cyrena cretacea* und Kohlen als eine derartige Andeutung auffassen“¹⁾. Aber gerade die Kreideablagerungen in Schlesien zeigen, daß es nicht orogenetische Bewegungen waren, welche die Regression bedingten. Die hier im Gegensatz zu Sachsen auftretenden deutlichen Mulden und langgestreckten Verwerfungen²⁾ sind unbedingt jünger als der Beginn der Verflachung des Meeresbeckens.

Orogenetische Vorgänge können frühestens im Obersenon eingesetzt haben. Dagegen war schon im Untersenon nur noch eine ganz flache Wasserbedeckung vorhanden und stellenweise mag das Land auch schon trocken gelegen haben. Sandige Ablagerungen wechseln in großer Mannigfaltigkeit mit weißen und bunten Tonen (Bunzlauer Tone), mit Kohlenflözen als umgelagerten Mooren³⁾ und Toneisensteinen als umgelagerten Raseneisensteinen. Die Profile sind dabei ganz unregelmäßig. Cyrenen deuten auf brackisches Wasser und auch der stellenweise große Individuenreichtum einer kleinen *Cardium*-Art (*Cardium Ottoi* DRESCH.) bei Armut an anderen Arten (die artenreiche Fauna liegt tiefer) weist auf unnormal, hier also schwach gesalzenes Wasser hin.

Eine sehr starke Verflachung war somit schon im Untersenon erfolgt, das ganz konkordant über dem Emscher liegt. Nirgends ist eine frühsenone Andeutung einer Faltenbildung zu sehen. Die völlige Trockenlegung ganz durch Einschlemmung zu erklären, erscheint mir aber auch kaum möglich, namentlich auch im Hinblick auf die weiten Flächen weiter nördlich, die dann später vom Diluvium bedeckt wurden. Man wird also ohne eine relative Hebung nicht auskommen, die aber keine orogenetische sein konnte, da sie bereits vor der obersenenen oder alttertiären Faltung erfolgte.

In gleicher Weise drängt sich die Frage nach den Ursachen auf, die die mitteldeutsche oligozäne Transgression zum Stillstand brachten und die Regression bewirkten. Hier kann gewiß nicht mehr von orogenetischen Vorgängen die Rede sein. Die Schichten kommen im allgemeinen aus der ungestörten Lagerung nur dort heraus, wo sie durch Eisdruck gepreßt sind (Schollen von Septarienton im Diluvium der Gegend von Halle). Sonst treten nur flache Wellen auf, die z. T. auch durch Auflösung von Salzlagern im Untergrunde bedingt sind. Die größte Vertiefung des vordringenden Meeres wird im oberen Mitteloligozän mit dem Septarienton erreicht. Die Küste läuft in dieser Zeit in NW-südöstlicher Richtung etwa in der Gegend von Halle durch. Dann beginnt der Rückzug und die flache Heraushebung des Landes.

Ebenso können nur epirogenetische Bewegungen den Rückzug der oberjurassischen Transgression aus Ostdeutschland und die Trockenlegung in der Unterkreide veranlaßt haben. Immerhin handelt es sich in den genannten Fällen um Bewegungen, die in orogenetisch beeinflusste Perioden (kimmerisch-saxonisch) fallen. Ganz außerhalb solcher aber liegt die Regression am Beginn des Keupers.

Müssen also auch die Regressionen im allgemeinen epirogenetisch erklärt werden, so bleibt doch die Frage offen, warum sich die positive Strandbewegung schließlich in eine negative umwandelt, warum also an derselben Stelle eine Umkehrung der Krusten-

¹⁾ H. STILLE, Die mitteldeutsche Rahmenfaltung. 3. Jahresber. d. niedersächs. geolog. Vereins zu Hannover, 1910, S. 155, Fußnote.

²⁾ Vgl. die tektonische Kartenskizze in SCUPIN, Die Löwenberger Kreide und ihre Fauna. Palaeontograph. Suppl.-Bd. VI, 1912/13. Der sog. Überquader, der auf der BEYRICH-ROTHschen Karte des niederschlesischen Gebirges über die älteren Schichten übergreift, ist bekanntlich zum Teil Tertiär.

³⁾ H. SCUPIN, Die Entstehung der niederschlesischen Senonkohlen. Zeitschrift f. prakt. Geol., Juliheft 1910, S. 254.

bewegung erfolgt. Die zentripetale ist infolge der Schrumpfung der Erde an sich das Gegebene, und es wird ebenso verständlich, daß eine flache undatorische Einsenkung eine ebenfalls flache Wellung als Gegenstück in der weiteren Umgebung auslöst. Aber es wird schwer verständlich, daß eine epirogenetische zentripetale Bewegung sich im gleichen Gebiet in eine zentrifugale verwandelt, wenigstens dann, wenn man aus zeitlichen und tektonischen Gründen eine orogenetische Aufwärtsbewegung nicht annehmen kann.

Man kann die epirogenetischen, zur Transgression und Regression führenden Bewegungsvorgänge indes auf eine einheitliche Formel bringen, wie dies schon früher gelegentlich einmal bei Besprechung der Oligozäntransgression in Mitteldeutschland andeutungsweise versucht wurde¹⁾.

Nimmt man für ein Stück Erdoberfläche eine flache undatorische Bewegung um eine ruhende Achse an, bei der die Erdoberfläche auf der einen Seite derselben aufsteigt, auf der anderen sich senkt, so wird das Ergebnis verschieden sein, je nachdem diese Achse auf dem Lande oder unter der

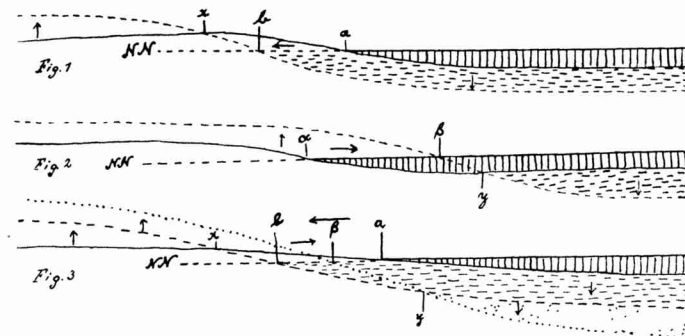


Fig. 1—3.

Meeressoberfläche liegt. Bezeichnet in Fig. 1 a die Küste und x die Drehungsachse im Bereich des Landes, so wird bei beginnender epirogenetischer Bewegung in der Richtung der Vertikalpfeile die Küste auf der Linie NN allmählich gegen b vorschreiten und wir bekommen eine Transgression. In Fig. 2 liegt die Drehungsachse unterhalb des Meeresspiegels bei y, die Küste bei alpha. Bei der gleichen undatorischen Bewegung wandert hier die Küste von alpha nach beta und wir erhalten eine Regression. Könnten wir also eine allmähliche Verschiebung der Achse von x nach y annehmen, wie in Fig. 3 angedeutet, so wird das gleiche Stück xy einmal gesenkt und dann wieder gehoben, und ein einheitlicher Vorgang bewirkt zunächst eine Transgression von a nach b und dann eine Regression von b nach beta und eventuell darüber hinaus, während die Stücke links von x und rechts von y ihre ursprüngliche Bewegungsrichtung beibehalten, dort nach oben, hier nach unten. Ein solches Wandern der Drehungsachse aber könnte vielleicht durch Verlegung des Schwerpunktes, vielleicht auch durch Ursachen gegeben sein, die sich hier noch nicht übersehen lassen. Beim Wandern von x muß die Küste b passiert werden. Hier kommt die Transgression zum Stillstand, von da an beginnt langsam die Regression. Da die Drehungsachse

¹⁾ H. SCUPIN, Die stratigraphische Stellung der subherzynen Braunkohlenformation. Jahrb. d. preuß. geol. Landesanst. f. 1915, S. 335, Fußnote.

natürlich keine gerade Linie ist und noch weniger die Küste, zu der sie natürlich auch schief verlaufen kann, so wird der Stillstand der Transgression an verschiedenen Punkten auch zu etwas verschiedenen Zeiten erfolgen.

STILLE hat ähnliche Gedankengänge zum Ausdruck gebracht, um örtliche Oszillationen in einer Küstenzone zu erklären, ohne dabei ein abwechselndes Auf- und Absteigen des ganzen Landes annehmen zu müssen, indem er den Punkt relativer Ruhe zwischen der aufsteigenden Kontinentalschwelle und der absteigenden Geosynklinale, also die Drehungsachse obiger Ausführungen auf einer Horizontalen, die der Linie NN entspricht, landeinwärts und dann wieder meerwärts verlegt¹⁾. Dadurch entstehen ebenfalls positive und negative Strandverschiebungen. Er nennt das Evolutionsumkehrungen, die aber nur örtliche bzw. zonare Bedeutung haben, insofern als außerhalb dieser Zone die Bewegung gleichsinnig bleibt, in den Geosynklinalen absteigend, in den Festlandsschwellen aufsteigend (vergl. Fig. 4).

STILLE erklärt so z. B. den Ausfall des Korallenooliths am Nordrand der Rheinischen Masse und erinnert ebenso mit Recht an die Verzahnung mariner und terrestrischer Schichten, wobei man vor allem wohl an die marinen Einschaltungen im paralischen Oberkarbon des Donetzgebietes, Oberschlesiens, Westfalens usw. zu denken hätte, während der gleichfalls angezogene Wechsel



Fig. 4.

pflanzenführender Grauwacken und Fusulinenkalke in den karnischen Alpen allerdings ebenso gedeutet werden könnte, anderseits aber auch in der gleichen Weise wie der Wechsel zwischen Sandsteinen und Plänen in der sächsischen Kreide, also durch zeitweilige Stockung in der Senkung und Überwiegen der Aufschüttung erklärbar wäre.

Der Unterschied der STILLESchen Ausführungen gegenüber dem oben Dargelegten besteht in der Verschiebung der Drehungsachse in der Horizontalen, die auch wieder abwechselnd landeinwärts und meerwärts, also in entgegengesetztem Sinne wechselnd erfolgt. Diese Verschiebung der Drehungsachse kommt, wie aus der STILLESchen Figur deutlich zu entnehmen, dadurch zustande, daß bald die Amplitude der Geosynklinale, bald die der Kontinentalschwelle größer wird, wie ja ein völliges Gleichbleiben beider auch gar nicht zu erwarten ist. Ein Hin- und Hergleiten der Drehungsachse aber wird wohl nur für kleinere Räume angenommen werden können und so wird diesen Vorgängen auch nur die zonare Bedeutung zukommen, die ihnen STILLE selbst gibt.

Abweichend davon erfolgt das oben angenommene Abgleiten der Drehungsachse dauernd gleichsinnig, wenigstens im Rahmen einer Trans- und Regressionsperiode, und der Vorgang erscheint in seiner Auswirkung und Ausdehnung wohl nur durch die Grenzen des Schelfs eingeschränkt. Freilich erhebt sich, wenn die Richtung des Abgleitens dauernd gleichsinnig bleiben soll, wieder die Frage nach der Entstehung der nächsten Transgressionsperiode, denn die Regression war dadurch bedingt, daß die

¹⁾ STILLE, Tektonische Evolutionen und Revolutionen in der Erdkrinde, S. 18, Fußnote.

Drehungsachse unter dem Meeresspiegel lag, während sie bei der Transgression oberhalb des Meeresspiegels auf dem Lande liegt.

Es ist indes gar nicht nötig, eine Rückwanderung der Drehungsachse nach oben anzunehmen. Wie im Geosynklinalbecken Senkung und Aufschüttung in dauerndem Widerstreit stehen, so in der aufsteigenden Festlandsschwelle Hebung und Abtragung, in dem die letztere je nach den an die Oberfläche kommenden Gesteinen bald stärker, bald schwächer ist. Das ergibt dauernde Verschiebungen des Gleichgewichts, und es könnten sich daher wohl neue Zentren der Undation, also Drehungsachsen in oben genanntem Sinne, bilden, während die abgleitenden am Schelfrande sich in ihrer Wirkung erschöpfen.

Der grundsätzliche Unterschied orogenetischer Bewegungen in tektonischer, räumlicher und zeitlicher Beziehung (Falten und Brüche, regionale Begrenzung, episodisches Auftreten) von den epirogenetischen (Wellen und innere Bruchlosigkeit, allgemeine und Dauerwirkung) legt auch den Gedanken an eine ursächliche Verschiedenheit beider Bewegungsvorgänge nahe. Wenn die dauernd wirkende Abkühlung auch eine dauernde Schrumpfung und damit die Auslösung epirogenetischer Vorgänge erwarten läßt, so könnte man geneigt sein, die episodischen orogenetischen Vorgänge auf Ursachen zurückzuführen, die man gewöhnlich als Geosynklinaltheorie zusammenfaßt.

Die verbreitetste Vorstellung ist ja die, daß durch die Anhäufung der Sedimente und den Druck derselben oder durch die Erwärmung infolge der Überlagerung die Ränder emporgepreßt werden. Die erstere ist aus statischen Rücksichten ganz unmöglich, denn sie setzt Überdruck in der Mitte voraus, aber auch die zweite führt zu Schwierigkeiten, denn auch hier könnte sich die Aufpressung seitlich nur dann äußern, wenn in der Mitte Überdruck oder größere Starrheit vorhanden wäre. STILLE führte daher die Vorstellung von der Zusammenpressung zwischen den Festlandsmassiven, die als Backen eines Schraubstocks wirken, ein, indem er die andere Vorstellung mit dem Hinweis ablehnt, daß das Periodische der Faltung dann nicht zu erklären wäre. Aber auch bei der STILLESchen Auffassung, die vom rein mechanischen Standpunkte einwandfrei ist, bleibt dieses Fragezeichen. Sie ist wieder Schrumpfungstheorie, angewandt auf die besonderen Verhältnisse der Geosynklinalen und der sie begrenzenden Festlandsmassive. Aber warum bringt die Zusammenpressung nur zeitweise Mulden und Sättel hervor? Man spricht von „Reifwerden der Geosynklinalen“ und meint damit die Anhäufung der Sedimente im Sinne der alten oben abgelehnten Form der Geosynklinaltheorie.

Bei der Annahme eines beiderseitigen Druckes von den Rändern her (Schraubstocktheorie) kann diese Sedimentanhäufung keinerlei Rolle mehr spielen, und auch auf weniger mächtige Schichten, die sich in einer von neuem einsinkenden flachen Geosynklinale ablagern, könnte der Druck der Ränder nicht ohne Einfluß bleiben, sobald nur hinreichende Festigkeitsunterschiede vorhanden sind, und diese können jedenfalls da sein.

Trotzdem halte ich an der Schrumpfung im Sinne STILLES fest. Aber ich meine, daß TORNQUIST (Allgemeine Geologie) recht hat, wenn er nicht die Abkühlung der Erde für die unmittelbare Ursache der für die Gebirgsbildung anzunehmenden starken Schrumpfung ansieht. TORNQUIST schätzt die Abnahme des Erdradius infolge Gebirgsbildung auf etwa $\frac{1}{60}$ seiner einstigen Länge und berechnet, daß, wenn dieser Betrag allein und unmittelbar, d. h. rein physikalisch auf Abkühlung zurückginge, die Abnahme der Temperatur des Erdinneren auf etwa 1000° zu veranschlagen wäre, was sicher zu viel wäre. Er sucht die Ursachen der Schrumpfung daher in stofflichen Veränderungen des Magmas.

Magmatische Vorgänge nimmt auch F. KOSSMAT¹⁾ an, indem er bei der Abkühlung entsprechende Ungleichmäßigkeiten besonders im Bereich der Magmaschale neben den Wirkungen der Kontraktion und magmatischen Krustenvermehrung als Ursache für tangentialen Bewegungsimpulse auffaßt, bei denen die Bewegungen der Oberkruste von denen des plastischen Unterbaues beherrscht werden. Aber auch hier bleibt die Frage nach der zeitlichen Beschränkung derartiger Vorgänge noch offen, während die regionale Beschränkung durch das, was der „Schraubstocktheorie“ STILLES und der Theorie KOSSMATS gemeinsam ist, passive Bewegung der Falten zwischen bewegten Krustefeldern, eine befriedigende Erklärung findet. Nimmt man dagegen stoffliche Veränderungen bzw. chemisch-physikalische Vorgänge infolge der allmählichen Abkühlung an, so kann man sich beim Überschreiten bestimmter für die Magmenmischung bedeutsamer Temperaturen zeitlich begrenzte periodische Schrumpfungen vorstellen. Man denke nur an die Ausscheidungen in gemischten Schmelzen und die dadurch bedingten Änderungen des Aggregatzustandes von Bestandteilen der Mischung. Änderungen des Aggregatzustandes werden ja auch von KOSSMAT mit herangezogen. Im übrigen wird man wohl mit mannigfachen magmatischen Vorgängen rechnen dürfen, die sich im einzelnen nicht übersehen lassen.

Sind die letzten Erwägungen richtig, so wäre allerdings sowohl bei epirogenetischen wie orogenetischen Vorgängen die Abkühlung die Hauptursache der Bewegung. Bei epirogenetischen Bewegungen aber wirkt sie unmittelbar und andauernd, rein physikalisch-thermisch, bei orogenetischen dagegen mittelbar in Form chemisch-physikalischer Vorgänge.

¹⁾ F. KOSSMAT, Die mediterranen Kettengebirge in ihrer Beziehung zum Gleichgewichtszustand der Erdkruste. Abh. d. math.-phys. Kl. d. Sächsischen Akad. d. Wiss., Bd. XXXVIII, Nr. II, 1921.