

# **EPIROGENESE UND OROGENESE IM OSTBALTIKUM**

VON

**HANS SCUPIN**

---

DORPAT 1926



Nachdem durch die Arbeiten von H. Stille<sup>1)</sup> die Begriffe Epirogenese und Orogenese eine erfreuliche Klärung erfahren haben, scheint es Aufgabe der Regionalen Geologie, die Krustenbewegungen einzelner Gebiete in dieser Richtung zu analysieren bzw. auf Grund der Stilleschen Begriffsbestimmungen zu revidieren. Besonders wird das dort notwendig werden, wo „Grenzfälle“ vorliegen, wie sie auch Stille anerkennt und die er als synorogenetisch bezeichnet. Allerdings wird man derartige sog. Grenzfälle nicht in dem Sinne als solche zu bezeichnen haben, als handle es sich hier um Übergänge von dem einen Begriff zum anderen. Ich glaube, wie ich das schon an anderer Stelle<sup>2)</sup> dargelegt habe, dass Epirogenese und Orogenese zwei auch ursächlich, nicht nur graduell verschiedene Begriffe sind, die deshalb keine „Übergänge“ haben können, wie ja auch schon A. Tornquist<sup>3)</sup> das grundsätzlich Verschiedene beider Begriffe betont hat. Grenzfälle sind sie nur in der Erscheinungsform, ähnlich wie in der organischen Natur bei Konvergenzerscheinungen die sich äusserlich einer anderen nähernden Form eben doch kein Übergangsglied ist, sondern zu der einen oder andern Gruppe gehört. So wird es sich auch hier darum handeln, besonders derartige „synorogenetische“ Krustenbewegungen — die synepirogenetischen scheinen mir in dieser Bezeichnung leichter zu erfassen — der einen oder anderen Form der Krustenbewegungen zuzuweisen.

Als Unterscheidungsmerkmale für beide Begriffe kommen nach Stille zunächst folgende in Betracht: Im Ge-

---

1) H. Stille, Die Begriffe Orogenese und Epirogenese, Zeitschrift der deutsch. geol. Gesellsch. 71, S. 1164. 1919 und Grundfragen der vergleichenden Tektonik, Berlin 1924.

2) H. Scupin, Transgression und Regression als einheitlicher Vorgang. Geolog. Rundschau. 14, S. 328. 1923.

3) A. Tornquist, Allgemeine Geologie S. 521.

gensatz zu den orogenetischen Vorgängen sind die epirogenetischen weitspannig (Undation gegenüber Undulation, flache Wellen gegenüber Falten), sie wirken säkular andauernd, nicht episodisch, sie sind gefügeeuerhaltend. Man wird weiter noch hinzufügen können, gewissermassen als Folge des erstgenannten Punktes: sie sind nicht so stark räumlich begrenzt wie die orogenetischen Bewegungen, sondern zeigen allgemeinere flächenhafte Verbreitung. (Transgressionen, Regressionen.)

Was den an dritter Stelle genannten Punkt, die Frage des Gefüges, anbelangt, so meine ich allerdings, dass diese Begriffsbestimmung das Aufsteigen und Absteigen an schon vorhandenen, aus einer früheren orogenetischen Periode stammenden Verwerfungen grossen Stiles nicht ausschliessen darf; freilich nicht in dem Sinne, dass nur das zwischen grossen Bruchspalten liegende Gebiet sich hebt oder senkt, die Flügel aber stehen bleiben, sondern man wird bei einer epirogenetisch aufsteigenden Geantiklinale damit rechnen können, dass dieses Aufsteigen ungleichmässig erfolgt, dass zwar das Gesamtgebiet gehoben wird, aber eine Scholle stärker als die andere, und dass sich auch auf diese Weise Horste, Gräben und Staffellungen bilden können; und in gleicher Weise wird dies bei Einsenkung einer Geosynklinale in Erscheinung treten können. Ich möchte dabei nur auf die Möglichkeit derartiger Vorgänge im Sinne einer klaren Begriffsbestimmung hinweisen, ohne dass ich dabei zunächst bestimmte Fälle im Auge habe. Das Wesentliche ist jedenfalls, dass die Spaltenbildung selbst episodisch, also orogenetisch bleibt. Andererseits hat Stille selbst schon darauf hingewiesen, dass da, wo im Gebiete von Geantiklinalen Brüche auftreten, sich diese nicht bei der Aufwölbung, sondern nachträglich gebildet haben.

Gerade die Frage des Gleichzeitigen und Nachträglichen scheint mir hier überhaupt besonders bedeutsam, und die vorhandene Verwirrung dürfte gerade durch ein nicht hinreichendes Auseinanderhalten gleichzeitiger und späterer Bewegungsvorgänge bedingt sein. Wenn sich nach der variszischen Faltung sudetischer Phase im Oberkarbon die Gebiete unserer grossen Steinkohlenfelder einzusenken begannen, um den gewaltigen Ablagerungen dieser Zeit von z. T. mehreren tausend

Metern vertikalen Raum zu schaffen, und diese Senkung im Unterrotliegenden weiterging, so hat dieser epirogenetische Vorgang nichts zu tun mit dem orogenetischen, der intraoberkarbonischen (asturischen, Stille), sowie der dann folgenden Faltung im Rotliegenden (Saalische Gebirgsbildung, Stille, Frankonische Faltung, Joh. Walther), die besonders im subherzynischen Gebiet (Hallische Mulde) so deutlich wird. Wenn dann auch dieses wieder orogenetisch herausgehobene Gebiet infolge Fortwirkens der nie abgerissenen Epirogenese weiter als Geosynklinale einsinkt, die die mächtigen Schuttmassen des Oberrotliegenden, die Ablagerungen des Zechsteinsalzsees und der Trias in sich aufnimmt, wenn am Anfang des Jura dann der Osten in der Senkung zurückbleibt bzw. eine Geantiklinale bildet, um dann auch wieder einzusinken, und weiter in der Unteren Kreide sich der Vorgang in ähnlicher Weise wiederholt, bis in der Oberen Kreide die epirogenetische Absenkung ihren Flächenraum noch weiter vergrössert, so hat das alles nichts zu tun mit den inzwischen wirksam gewordenen orogenetischen Bewegungen, der kimmerischen Faltung in Nordwestdeutschland und Schlesien und schliesslich der eigentlichen saxonischen Gebirgsbildung.

Freilich erschwert das episodische Erscheinen orogenetischer Vorgänge innerhalb der weiterfortwirkenden epirogenetischen im Einzelnen oft das Auseinanderhalten derselben. Flache, verklingende Falten im Randgebiete orogenetischer Zonen, also noch ausgesprochene kurzfristige Undulationen, werden dann den Undationen durch ihr schwaches Einfallen ähnlich werden können, und dann eben bekommen wir derartige synorogenetische Grenzfälle, die nach Möglichkeit aufzulösen sind.

Die Schwierigkeit der Unterscheidung beruht dann zunächst in der Frage nach dem Fallwinkel. Bis zu welcher Minimalgrenze wird man noch von Orogenese sprechen können? bzw. umgekehrt, wie gross kann der Fallwinkel bei Undationen werden? Die erste Frage wird sich überhaupt nicht beantworten lassen; die Falten verklingen ganz allmählich, bis ihre Neigung schliesslich unendlich klein wird; eine Untergrenze besteht nicht, aber die Häufung solcher flacher Falten und Fältchen wird noch Orogenese anzeigen können.

Dagegen ist sicher, dass der Fallwinkel epirogenetischer Undationen unbedingt ganz klein bleiben muss. Er wird stets

dem blossen Auge unsichtbar sein, das den Eindruck des Horizontalen hat. Aber eine scharfe Grenze ist natürlich auch hier nicht zu ziehen. Vielleicht aber werden hier im Laufe der Zeit doch hinreichende Erfahrungen gesammelt werden können. Nehmen wir z. B. die bekannten Beobachtungen von Bravais in Finnmarken im Busen von Altenfjord, wo die obere Terrasse von 28 m Meereshöhe an der Küste auf etwa 16—18 Seemeilen sich bis 67 m hebt. Bei dieser epirogenetischen Bewegung ergibt sich also ein Anstieg um 39 m auf rund 30 km, d. h. noch nicht 5'. In der epirogenetisch bedingten mitteloligozänen Transgression zeigt die Unterfläche des „Magdeburger Sandes“ in der Gegend von Halle eine Steigung von 7—8 Minuten; das Fallen in den Braunkohlenbecken der südlichen Provinz Sachsen und des Freistaates Sachsen geht etwas höher herauf, bleibt aber meist, soweit eine stärkere Einsenkung durch Auslaugung tieferer Schichten, etwa von Zechsteinsalzen, fortfällt, auch unter oder bei 30'.

Eine weitere Schwierigkeit, die zur Fehlerquelle werden kann, ergibt sich, wenn die epirogenetische Bewegung in eine orogenetische Periode und ausserdem in die Nähe orogenetischer Gebiete fällt. Wenn flachwellige Krustenbewegungen in anorogenen Zeiten und Gegenden zu einem Schlusse auf Epirogenese nötigen, so darf dagegen der umgekehrte Schluss nicht gezogen werden.

Es liegt naturgemäss—nahe dann an Orogenese zu denken, ein zwingender Schluss aber liegt nicht vor. Er kann zutreffend sein, braucht es aber nicht; denn die Epirogenese hat auch jetzt nicht geruht. So werden tatsächlich auch vorläufig unlösliche Fälle übrig bleiben können, während in anderen vielleicht Spezialuntersuchungen, insbesondere über die Spannweite bzw. den Fallwinkel, über die Frage nach dem Alter etwaiger Brüche, sowie der Verhältnisse der weiteren Umgebung klärend wirken können.

Im Baltikum, wie überhaupt in Nordeuropa, treten dazu noch die Bewegungen, die sich durch die Entlastung vom Eisdruck infolge Abschmelzens ergaben, also ein isostatisches Moment, das oft nur schwer von epirogenetischen Bewegungen zu unterscheiden sein dürfte, und ebenso wie in allen vom Inlandeise überzogenen Gebieten der Zusammenschub älterer Schichten durch das Eis selbst, also ein ausgesprochen exogener Faktor. Auch ört-

liche Senken infolge Auslaugungen von Kalken oder Salzen in der Tiefe, die orogenetische Vorgänge und, soweit es sich um grosse Flächen handelt, auch epirogenetische Vorgänge vortäuschen können, müssen hier in Betracht gezogen werden, wenn sie auch nicht die Bedeutung gewinnen, wie sie in Deutschland der Ablaugung des Salzspiegels im Zechstein durch Bildung von „Salzspiegeltälern“ zukommt, die auch bei der Bildung von Braunkohlenbecken zusammen mit echten epirogenetischen Vorgängen beteiligt ist.

Für die erste Zeit der Erdgeschichte im Ostbaltikum, soweit sie uns erkennbar, liegen die Verhältnisse in dieser Beziehung völlig klar; es zeigt sich ein dauernder Wechsel epirogenetischer Bewegungen in auf- und absteigendem Sinne.

Die über dem Granit liegenden, in der Tiefe erbohrten Konglomerate und Sandsteine sind die ersten Transgressionsbildungen auf dem untertauchenden Granit, dessen ursprüngliches Hangendes wir nicht kennen. Dass es nicht die jetzt aufliegenden Schichten sind, beweist der Mangel jeder Frittung in dem bei Petersburg noch nicht 100 m über dem Granit erbohrten Ton. Die Senkung setzt sich fort noch in den tiefsten präkambrischen Schichten des Blauen Tons, der hier noch Einlagerungen von Sandsteinen enthält, und erreicht ihr Maximum in den rein tonigen Schichten desselben, die aber sicher auch noch in recht flachem Wasser abgelagert wurden. Im oberen Teile des Blauen Tons kehrt sich der Vorgang wieder um. Neue sandige Einlagerungen stellen sich ein, und bereits nach Ablagerung des Eophyton- und Fukoidensandsteins, vielleicht sogar örtlich schon während der Ablagerung des letzteren, tritt Verlandung ein.

Eine neue positive Strandverschiebung schafft nach Schluss des Kambriums den Obolensandstein, der gelegentlich örtlich wohl noch als Bildung zwischen Ebbe und Flut gelten kann und dessen Anhäufung von Obolenschalen als Strandschüttung aufzufassen ist, während der ihn nur im Westen überlagernde, nach Osten auskeilende Dictyonemaschiefer, der bereits Einlagerungen im Obolensandstein bildet, als Faulschlammfazies im jüngeren Teile desselben zu betrachten ist. Stellenweise mögen auch diese Faulschlammbildungen schon wieder trockengelegt worden sein — einfach durch Sedimentanhäufung, ohne dass eine Hebung angenommen werden muss; denn der auflagernde Glaukonitsandstein enthält unten gelegentlich Bröckchen von Dictyonemaschiefer, und zeigt somit eine erneute Senkung an,

die sich im Glaukonitkalk allgemeiner, in der folgenden Zeit nur im Osten (am Wolchow) fortsetzt, während in Estland<sup>1)</sup> zunächst wieder Trockenlegung erfolgt. Ein weiteres Sinken des Landes im Osten bringt jetzt auch eine Umkehr der Bewegung in Estland. Die Zeit des Vaginatenkalkes bedeutet wieder eine Transgression, die in sandigen Bildungen westlich Reval auf der Halbinsel Baltischport zum Ausdruck kommt<sup>2)</sup>. Der Echinospaeritenkalk schafft einen völligen Ausgleich, nach dessen Abschluss die Faulschlammbildungen des Kuckersits im östlichen Teile Estlands wieder eine örtliche Verflachung anzeigen, bis die positive Strandverschiebung am Beginn des Obersilurs auch dieser Hebung wieder ein Ende bereitete.

Am Schlusse des Obersilurs erfolgt dann vom Norden ausgehend die grosse Heraushebung des Landes, die den Meeresboden jetzt für lange Zeit trocken legt. Hier setzt nun die Frage ein: War auch diese Hebung wie die anderen rein epirogen, oder ist die Kaledonische Faltung dabei beteiligt? In letzterem Sinne beantwortete Tétiaeff<sup>3)</sup> diese

1) Wie L. R ü g e r (Paläogeographische Untersuchungen im baltischen Kambrium, Centralbl. f. Min. usw. 1923, S. 152) betonte, darf nicht angenommen werden, dass nach dem Fukoidensandstein überhaupt keine Ablagerungen gebildet wurden. Im Hinblick auf die lange Zeit, Mittel- und Oberkambrium, könnte sich der Fukoidensandstein in der heutigen geringen Mächtigkeit nicht erhalten haben. Betrachtet man den Fukoidensandstein, wozu in Anbetracht der eckigen Kornform und der Versteinerungsfreiheit durchaus Berechtigung vorliegt, als kontinental (vergl. A. Ö p i k, Beitrag zur Stratigraphie und Fauna des estnischen Unterkambriums, Publ. Geol. Inst. Tartu, S. 10), so können auf dem heutigen Fukoidensandstein weitere Kontinentalablagerungen, Dünenbildungen, gelegen haben. Aber auch mit einer erneuten Überflutung und marinen später wieder zerstörten Sédimenten des Oberkambriums wird gerechnet werden dürfen, falls die an der Basis des Obolussandsteins in Geröllen beobachteten angeblichen Olenusfragmente wirklich dieser Gattung angehören. Es würde dann erst eine Abtragung im höheren Oberkambrium bis herab zum heutigen Fukoidensandstein die Ablagerungsfläche für den Obolensandstein geschaffen haben.

2) Vergl. W. L a m a n s k y, Die ältesten silurischen Schichten Russlands, Mém. du com. géol. N. J. 17. Petersburg 1905, S. 164 ff. und Neue Beiträge zur Vergleichung des ostbaltischen und skandinavischen Untersilurs, Centralbl. f. Min. usw. 1901, Tabelle S. 617. Ferner A. Ö p i k, Über die Kalksandsteinfazies des Vaginatenkalkes auf der Halbinsel Baltischport und über ein Acidaspispygidium aus denselben Schichten. Sitzungsber. d. Naturf.-Gesellsch. bei der Universität Dorpat. Bd. 32, S. 1.

3) M. T é t i a e f f, Les grandes lignes de la géologie et de la tectonique des terrains primaires de la Russie d'Europe. Annales de la Société Géologique de Belgique. Bd. 39, S. 158 ff. 1912.

Frage. Es ist hier der oben skizzierte Grenzfall gegeben: ganz flache, dem Auge horizontal erscheinende Lagerung in einer orogenetisch wirksamen Periode und in nicht zu grosser Entfernung von dem in dieser Zeit orogenetisch bewegten nordeuropäischen Gebiete.

H. Stille hat demgemäss das Ostbaltikum auch als Beispiel für Synrogenese aufgeführt, als kurzfristige Bewegung flacher Spannweite. Sie war aber wohl kaum kurzfristiger als die vorausgegangenen epirogenen Bewegungen im Kambrium und Silur, nur weitgreifender als die meisten derselben, wenn auch die Hebung und Trockenlegung im Kambrium in gewisser Weise mit ihr wetteifern kann. Denn die alte kambrische Landfläche mit der altsilurischen Transgression kommt noch im Gouvernement Pleskau (Pskow) zum Ausdruck<sup>1)</sup>, wo über einem grünlichen Ton, offenbar dem „Blauen Ton“, Obolensandstein und Dictyonemaschiefer liegt, so dass hier der Eophyton- und Fukoidensandstein der Denudation der Landzeit zum Opfer gefallen ist.

Es sind sehr erhebliche Flächen, die hier im Kambrium in einer anorogenen Zeitspanne eine epirogenetische Hebung erfahren haben, und die Formationslücke dürfte in dieser Zeit auch nicht kleiner gewesen sein, als am Ende des Silurs. Hier fehlen Mittel- und Oberkambrium, nach dem Obersilur nur das Unterdevon, wenn man auch, wie gesagt<sup>2)</sup>, natürlich nicht mit einer das ganze Mittel- und Oberkambrium umfassenden Unterbrechung der Ablagerungen rechnen darf. Dass der Bewegungsvorgang selbst deshalb etwa im Kambrium ein langfristigerer war als am Ende des Obersilurs, kann nicht behauptet werden. An Bedeutsamkeit jedenfalls wird der erstere diesem kaum etwas nachgeben. Wenn auch schon Fr. Schmidt bekannt, ist dem Vorgange jedenfalls nicht die grosse Bedeutung zuerkannt worden, wie der Krustenbewegung am Ende des Obersilurs. Ganz von selbst wird ja der letztere Vorgang viel augenfälliger durch die starke Verschiedenheit des lithologischen Charakters, wie er sich in der Bedeckung durch den Altrotsandstein darstellt, der über die verschiedenen Stufen des Silurs übergreift, doch ist, wie gesagt, Ähnliches auch für den übergreifenden Obolensandstein festzustellen, der an der Küste des finnischen Meerbusens auf dem

1) A. Karpinsky, Zur Geologie des Gouvernements Pskow. Bull. Acad. Imp. des Sciences, Petersburg. Bd. 31, S. 473. 1887.

2) Vergl. oben S. 8, Fussnote 1.

Fukoidensandstein, im Gouvernement Pleskau auf dem Blauen Ton liegt. Auch an der Popowka in der Gegend von Petersburg lagert der Obolensandstein örtlich unmittelbar auf dem Blauen Ton, wie aus den Schilderungen von Fr. Schmidt<sup>1)</sup> hervorgeht, während an anderen Stellen dieser Gegend sich wieder ein fossilereicher Sandstein, offenbar dem Eophyton- und Fukoidensandstein entsprechend, dazwischen schiebt.

Was nun die Entfernung von dem nordeuropäischen Gebiet der Kaledonischen Faltung anbelangt, so zeigt die von A. Born<sup>2)</sup> wiedergegebene Karte von Hortedahl, dass das Ostbaltikum schon ausserhalb der praedevonischen Faltung im Bereich der „neutralen“ Zone liegt, die nördlich in Finnland von einem stabilen Schilde begrenzt ist. Um über etwaige neuere Beobachtungen bezüglich kaledonischer Faltungsvorgänge etwas zu erfahren, wandte ich mich an Herrn A. Metzger, als guten Kenner finnischer Geologie, der mir nach einer Darstellung der in Finnland beobachteten Störungen wörtlich schrieb: „Jedenfalls kann man heute als Hauptergebnis zusammenfassend behaupten, dass es nirgends auch nur Spuren einer kaledonischen Orogenese gibt und dass die vorhandenen Grabenbrüche bedeutend jünger als die kaledonische Bewegung sein müssen“.

In erster Linie aber von Bedeutung für die Frage bleiben die Lagerungsverhältnisse und das Gefüge des bewegten Gebietes. Hier ist nichts, was dazu Anlass gibt, eine orogenetische Bewegung in dieser Zeit anzunehmen. Spätobersilurische oder altdevonische Verwerfungen sind nicht vorhanden. Anhaltspunkte für die Neigung der Schichten nach Süden kann man im allgemeinen nur durch Rechnung gewinnen. Das bekannte, auch in unsere Lehrbücher übergegangene Profil bei Fr. Schmidt<sup>3)</sup>, von Finnland (Wiborg) über Estland, Ösel, Gotland, Öland nach Kalmar, zeigt eine gut gegliederte Mulde, wenn es auch allerdings infolge seiner starken horizontalen Zusammendrängung — die Überhöhung erreicht mehr als das 180-fache des Horizontal-

---

1) Fr. Schmidt, Kurze Übersicht der Geologie der Umgebung von St. Petersburg. Guide des excursions du VII. Congr. géol. internat., Petersburg, 1897. Bd. XXXIV, S. 5.

2) A. Born, Zur Kenntnis des Kaledonischen Gebirges. Geolog. Rundschau. Bd. 14, S. 274. 1923.

3) Fr. Schmidt, Revision der ostbaltischen silurischen Trilobiten. Mém. Acad. Sc., St. Petersburg. VII. sér., t. 30, Nr. 1, S. 59. 1881.

massstabes — naturgemäss falsche Vorstellungen auszulösen geeignet ist.

Auf das Wiederauftauchen der vom estnischen Glint schwach nach Süden fallenden Kambrium- und Silur-Schichten in dem Gouvernement Pleskau wurde oben schon aufmerksam gemacht. In gleicher Weise heben sich die unteren Schichten des Untersilurs — Dictyonema-Schiefer und glaukonitische Schichten —, wie A. Karpinsky<sup>1)</sup> feststellte, in noch viel grösserer Entfernung im Gouvernement Minsk bei Rawanitschi fast 650 km von der Küste, wieder empor; auch wurde es von J. Bock<sup>2)</sup> im Twerschen Gouvernement bei Wyschni-Wolotschek beobachtet.

Eine schwache Auffaltung der Silurschichten ist auch schon im Norden von Fr. Schmidt erwähnt und durch ein stark überhöhtes Profil vom Glint über Wesenberg nach dem verhältnismässig hoch liegenden Borkholm veranschaulicht worden<sup>3)</sup>, das ein schwach nördliches Einfalten zwischen diesen beiden Punkten erkennen lässt. E. Koken<sup>4)</sup> vermutete hier in einer nachgelassenen Arbeit eine dem Grabenbruche des finnischen Meerbusens parallele Flexur oder schwache Verwerfung. Ebenso weist Fr. Schmidt an anderer Stelle<sup>5)</sup> auf die Senkung der nordestnischen Wasserscheide gegen Westen hin. Der Pentamerenkalk, der bei Pantifer etwa 120 m hoch liegt, senkt sich bis Hapsal zur Meereshöhe herab. Fr. Schmidt spricht selbst von „schwacher Faltung oder Auftreibung“. Ähnliches kann man beobachten, wenn man den Blauen Ton von Reval aus, wo seine Oberkante wenig über Meereshöhe liegt, östlich bis Asserin verfolgt. Hier erreicht sie eine Höhe von etwa 20 m, wie ein Bohrloch an dieser Stelle zeigt, um sich dann wieder nach Osten gegen Narva zu senken.

1) A. Karpinsky, Über das Vorkommen untersilurischer und kambrischer Ablagerungen im Gouvernement Minsk. Bull. Acad. Imp. des Sciences, Petersburg, N. S. Bd. 3 (35), S. 1, 1894 und P. A. Tutkowski, Geologischer Umriss des Gouvernements Minsk. Kijew 1915.

2) J. Bock, Materialien zur Geologie Russlands. Bd. 3, S. 186. 1869.

3) Fr. Schmidt, On the Silurian and Cambrian Strata of the Baltic Provinces of Russia, as compared with those of Scandinavia and the British Isles. Quarterly Journ. Geol. Soc. London. Bd. 38, S. 514. 1882.

4) E. Koken, Estland und die Insel Oesel. Der Geologe. Heft 22, S. 395. 1918.

5) Fr. Schmidt, Revision d. ostbaltischen silurischen Trilobiten. S. 58.

Die Stärke des Einfallens nach Süden lässt sich in der vorspringenden Halbinsel Baltischport einigermaßen sicher berechnen. Hier entfallen nach Helmersen<sup>1)</sup> etwa 90 Fuss Senkung auf 6 Werst, also rund 30 m auf 6400 m. Das ergäbe etwa einen Fallwinkel von noch nicht 20 Minuten. B. Doss<sup>2)</sup> kommt zu einem noch flacheren Generaleinfallen auf Grund des Auftretens der Unteren Öselschicht nördlich Pernau in 15 m über NN und der Mächtigkeit der liegenden Schichten dieses Horizontes oberhalb des Meeresspiegels. Danach wäre das Generalfallen nur etwa 6 Minuten. Es ist indessen nicht ausgeschlossen, dass dieser geringere Betrag sich durch eine kleine Muldenbildung erklärt.

Andererseits werden auch etwas grössere Winkel angegeben, so von F. Beyschlag und v. Zur Mühlen<sup>3)</sup> 2—5°. Das sind indessen Ausnahmen, im allgemeinen wird der Winkel nicht viel über 20 Minuten hinausgehen.

Einen auffallend grossen Fallwinkel teilt C. Gäbert<sup>4)</sup> mit. Der eine Punkt liegt nördlich vom Tagebau Mutschnik, wo ein ostwestlich verlaufender Sattel erscheint; eine grössere Störung liegt in einer Schurfgrube 500 m südwestlich des letzteren Tagebaues südlich der Strasse Kuckers—Powando, wo das Einfallen der Schichten eines ostwestlich streichenden Sattels sogar bis 20° heraufgeht. Gäbert betont aber, dass es sich nur um örtliche Störungen vielleicht glazialen Ursprungs handelt. Freilich erschwert die Festigkeit des Gesteins hier die Vorstellung glazialen Zusammenschubs, wie er in Deutschland an manchen Punkten festgestellt ist. Ich möchte in Anbetracht des örtlichen Charakters der Störung eher an unterirdische Auflösung der Kalkschichten denken. Die starke Kluftbildung in den Kalken erleichtert Auslaugungen in der Tiefe, die, wie schon erwähnt, in Estland oft beobachtet sind. Am Jagowalwasserfall versinkt

1) H. v. Helmersen, Über das langsame Emporsteigen der Ufer des baltischen Meeres. Bull. de l'Acad. des Sciences de St.-Petersbourg. Bd. 14, S. 214. 1855/56.

2) B. Doss, Über die Möglichkeit der Erbohrung von Naphthalagerstätten bei Schmarden in Kurland. Korresp.-Bl. d. Naturf.-Ver. zu Riga. Bd. 43, S. 172. 1900.

3) F. Beyschlag u. L. v. Zur Mühlen, Die Bodenschätze Estlands. Zeitschr. f. prakt. Geologie. Bd. 26, S. 148. 1918.

4) C. Gäbert, Über die Ölschiefer in Estland. Braunkohle. Jahrg. 19, S. 597. 1922.

das Wasser, in trockenen Zeiten ganz, in anderen zum Teil, im Kalke, um an anderer Stelle weiter unterhalb wieder hervorzubrechen. Zusammenstürze sind daher nichts Ungewöhnliches, und es wäre deshalb auch hier eine solche Erklärung immerhin naheliegend.

Schöne silurische Falten bildet Karpinsky<sup>1)</sup> aus dem Gouvernement Pleskau vom Dorfe Kunitzy am Lowat ab. Das Fallen soll angeblich bis auf 13° und 17° heraufgehen, doch erweckt Fig. 7 den Eindruck, als wenn dieses hier durch Abrutschung am Gehänge bedingt sei.

In ganz grossem Ausmasse aber finden sich Störungen jenseits der Grenze in der Gegend von Petersburg, auf die auch Fr. Schmidt anlässlich der Schilderung der Pantiferschen Aufwölbung aufmerksam macht. Über diese berichtet schon Strangways<sup>2)</sup>. Farbige Bilder zeigen hier im Tale der Pulkowka ausgezeichnete Falten von Blauem Ton, Schiefer, grünem Ton (wohl Dictyonemaschiefer und Glaukonitstufe) und Silurkalk, offenbar Vaginatenkalk; durch Schuttkegel des überlagernden Diluviums ist der Zusammenhang teilweise verdeckt.

Sehr starke Störungen, überkippte und dann verworfene Falten veranschaulichen Kudrjawzew und Lebedew<sup>3)</sup> aus der gleichen Gegend. Hier sind Falten mit einem Fallen von 30—40° SW—NO vorhanden. Eine zusammenfassende Darstellung mit schönen Profilen, in denen die Überkipnungen und Verwerfungen an der Popowka und Pulkowka gut zum Ausdruck kommen, gab dann Fr. Schmidt<sup>4)</sup>. Neuerdings sind diese Störungen wieder von Switalsky<sup>5)</sup> behandelt worden, der kaledonische Faltung, aber auch Eisdruck für möglich hält, also zwei zeitlich

1) A. Karpinsky, Zur Geologie des Gouvernements Pskow. 1886. Fig. 4.

2) Strangways, Geologische Beschreibung der Umgebung von St. Petersburg (russisch). Schriften (Trudy) der Mineralog. Gesellsch. zu Petersburg. I. 1830. (Übersetzung einer Arbeit desselben Verfassers. Transact. Geol. Soc. London. Vol. 5. 1818).

3) N. Kudrjawzew und M. Lebedew, Geologische Beschreibung der Umgebung von Krasnaja und Zarskoje Sselo (Russisch). Schriften (Trudy) der Petersburger Naturforscher-Gesellsch. Bd. 12, S. 1. 1881.

4) Fr. Schmidt, Guide des excursions du VII. Congr. géol. internat. XXXIV. 1897.

5) N. I. Switalsky, Die Lagerung der Gesteine und ihre Tektonik in der Gegend von Pawlowsk, mit mehreren Profilen (russisch). Ekskursionnoje Djelo (Exkursionswesen). Petersburg 1921.

sehr weit auseinanderliegende Faktoren. Trotzdem ich leider keine Gelegenheit hatte, diese Punkte kennen zu lernen, scheint mir doch die Deutung der Entstehung durch Eisdruck von vornherein nicht in Betracht zu kommen. Überfaltungen, Überkipnungen und Überschiebungen sind durch Eisdruck wohl zu erklären; aber Vertikalverwerfungen? So haben wir es offenbar mit einer ausgesprochen orogenetischen Krustenbewegung zu tun, und wir fragen nur nach deren Alter.

In der Petersburger Gegend zeigt das von Fr. Schmidt gegebene (a. a. O. S. 6) Profil 2 deutlich, dass die eingezeichnete Verwerfung postdevonisch ist. Fr. Schmidt beschreibt von hier einen devonischen Mergel, der der „Oberen Linsenschicht“ angeblich konkordant auflagert. Eine wirklich gleichförmige Auflagerung kann ja bei dem allgemein in übergreifender Lagerung auftretenden Devon nicht vorhanden sein, aber auch in Estland würde man nicht imstande sein, an einem Aufschluss geringerer Ausdehnung Abweichungen im Fallwinkel zu beobachten. Jedenfalls aber zeigt die Beschreibung, dass hier von einer vordevonischen Orogenese nicht die Rede sein kann. Über das Alter der nachdevonischen fehlen leider weitere Anhaltspunkte. Ist bei Petersburg also das Devon in gleicher Weise wie das Silur an den orogenetischen Vorgängen beteiligt, so gilt das auch für die schwach einfallenden Schichten in Estland. Denn das hier vorkommende Gesamteinfallen nach Süden ist nur verschwindend geringer als das des Silurs, örtliche Falten sind in derselben Stärke bis 5° vorhanden.

Diesen Betrag stellte O. Burre<sup>1)</sup> im Gouvernement Pleskau fest, wobei er auch zwei Überschiebungen beobachtete. Es ist also derselbe Betrag, der auch von Beyschlag und v. Zur Mühlen als obere Grenze im Silur angegeben wird, der aber auch vereinzelt dasteht. Nun sind im Oberen Mitteldevon dieser Gegend Gipslager nicht selten, man muss also bei Bewertung des Einfallens für unsere Frage vorsichtig sein. Ein ähnliches Fallen beobachtete B. Doss<sup>2)</sup> in einigen Steinbrüchen bei Schlock in Livland. Er beschreibt hier einen flachen Sattel in einigen Steinbrüchen mit einem Streichen von WSW—ONO. Im

1) O. Burre, Über einige Aufschlüsse im Devon des Gouvernements Pleskau. Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. Bd. 72, S. 294. 1920.

2) B. Doss, Über einen artesischen Naturbrunnen bei Schlock in Livland. Korresp.-Bl. d. Naturf.-Vereins zu Riga. Bd. 48, S. 111. 1905.

nördlichen Teil zeigt der hier anstehende tonige Dolomit ein Einfallen von  $4^{\circ}$  nach NNW, im südlichen Teil von  $1^{\circ}$ . Auch hier könnte natürlich derselbe Einwand gemacht werden, wie überhaupt immer in dem Gips führenden höheren Mitteldevon.

Aber auch wenn man diese Lagerungsverhältnisse, insbesondere auch die Überschiebungen im erstgenannten Falle, für die Frage beiseite lässt, falls man hier etwa Zusammenschiebung durch Eisdruck für möglich hält, so kommt man doch auch zu gleichen Ergebnissen, wenn man nur die Lagerungsverhältnisse, wie sie im grössten Teile des Ostbaltikums zu beobachten sind, berücksichtigt. Man kann das Einfallen der Unterfläche des mitteldevonischen Altrotsandsteins auf Grund einer bei Dorpat angesetzten Bohrung errechnen. Hier wurde das Silur, und zwar die Untere Oeselschicht, in 135 m erbohrt<sup>1)</sup>. Da die Grenze des Devons gegen das Silur auf Tage etwa bei Marien-Magdalenen, 25 km nördlich, liegt, so berechnet sich das Einfallen auf etwa 1:185 d. h. also etwa 20 Minuten. Das ist der gleiche Betrag, den v. Helmersen für das Einfallen der Silurschichten auf der Halbinsel Baltischport feststellte. Natürlich muss der Fallwinkel für das Devon infolge der übergreifenden Lagerung ein wenig geringer sein, aber der Unterschied wird eben unmerklich, nur einige wenige Minuten. Dieser verschwindende Unterschied im Einfallswinkel von wenigen Minuten ist es dann aber, der auf Rechnung der Krustenbewegung kommt, die den obersilurischen Meeresboden trocken legte, und dies war dann ein rein epirogener Vorgang.

Eine zweite Bohrung liegt in der Embachstrasse (frühere Tiedemannsche Badestube). Hier wurde das Obersilur schon bei 71 m Tiefe erreicht. Wenn auch der Höhenunterschied beider Bohrpunkte rund 30 m erreicht, so ergibt diese Bohrung doch, dass hier das Obersilur noch mehr als 30 m höher liegt. Das könnte auf Erosion der silurischen Landfläche während der Unterdevonzeit beruhen, würde andererseits aber auch durch eine postdevonische Sattelbildung mit folgender Abtragung erklärt werden können, wobei sich etwa eine Neigung des nördlichen Sattelflügels um  $1/2^{\circ}$  gegen Nord ergeben würde.

---

1) L. v. Zur Mühlen, Der geologische Aufbau Dorpats und seiner nächsten Umgebungen. Sitzungsber. d. Naturf.-Gesellsch. zu Dorpat. Bd. 21, S. 20. 1912.

In beiden Fällen wird infolge des flachen Einfallens die Möglichkeit bestehen, die Lagerungsverhältnisse des Devons noch rein epirogenetisch durch die Hebungsvorgänge zu erklären, die im Oberdevon das eingedrungene Meer wieder zurückdrängten. Vielleicht gilt das auch noch für die auf der Karte sich deutlich ausprägende Mulde (vergl. besonders die abgedeckte Karte in R. Kupffer, Baltische Landeskunde) im Gebiete der Aa und Windau, für deren Deutung Anhaltspunkte fehlen (vergl. unten). Für Orogenese dagegen spricht schon ein Sattel, den Doss<sup>1)</sup> aus dem Wiederauftauchen der sonst gewöhnlich unten liegenden devonischen Tone am Kobratokrüge 10 km nördlich von Dorpat folgert und der sich heute zwar leider nicht mehr untersuchen lässt, dessen Vorhandensein aber eine mehr als doppelt so grosse Neigung der Devonschichten unmittelbar nördlich Dorpat gegenüber der obigen Angabe bedeuten würde. Vor allem aber erwähnt C. Grewingk<sup>2)</sup> einen Sattel bei Dorpat, der in Richtung Nord-nordwest-Südsüdost streichend ein Einfallen bis zu 3° besitzt, das also wohl unbedingt als orogenetisch betrachtet werden muss. Man wird daher wohl auch die schwache Neigung der silurischen Schichten zusammen mit den devonischen auf Rechnung dieses postdevonischen orogenetischen, bei Petersburg besonders stark zum Ausdruck kommenden Vorgangs setzen dürfen, während die vorangegangene epirogene Bewegung jungobersilurischen bis frühunterdevonischen Alters nur eine Neigung von ganz wenigen Minuten hervorrief.

Über den Verlauf dieser epirogenen Bewegung habe ich mich bereits früher geäußert<sup>3)</sup>. Die Hebung begann im Norden an der Geantiklinale Finnland und schritt allmählich nach Süden vor. In Ösel liegen im mittleren Teile der Insel Dolomite mit der bekannten Eurypterusfauna, die wohl bereits in den Bereich des Landes gelangt sind, während im südlichen Teile noch marine Flachwasserablagerungen vorhanden sind. Die Hebung kam im Unterdevon zum Stehen. Dann sank der Süden wieder in

---

1) B. Doss, Gutachten über das Projekt einer Grundwasserversorgung der Stadt Dorpat. Riga 1906. S. 5.

2) C. Grewingk, Erläuterungen zur zweiten Ausgabe der geognostischen Karte Liv-, Ehst- und Kurlands. Archiv f. Naturk. Liv-, Ehst- und Kurlands. 1. Ser., Bd. 8, S. 436. 1879.

3) H. Scupin, Die Umkehrung von Strandverschiebungen in der Erdgeschichte. Sitzungsber. d. Naturf.-Gesellsch. Dorpat. Bd. 30, S. 3. 1923.

einer flachen Geosynklinale ab. Die kontinentalen Bildungen des Altrotsandsteins, die sich in Galizien und Podolien ohne Unterbrechung an die obersilurischen Ablagerungen anschliessen, rückten im Mitteldevon nach Norden weiter vor, bis die Senkung nicht mehr durch die Aufschüttung kompensiert werden konnte und ein neuer Meereseinbruch im oberen Mitteldevon erfolgte. Bei Beginn des Oberdevons zeigt sich im Westen erneute Trockenlegung; kontinentale Ablagerungen treten hier wieder an die Stelle der marinen und schieben sich nach Osten vor, wobei durch die Bildung der „Oberen Sandsteinstufe“ ähnliche Verhältnisse wiederkehren, wie in der Unteren Sandsteinstufe am Beginn des Mitteldevons. Auch diese Bewegungen bleiben rein epirogenetisch.

Welcher Zeit aber gehören nun die zweifellos vorhandenen orogenetischen postdevonischen Bewegungen des Ostbaltikums an?

Von jüngeren Formationen folgen zunächst Ablagerungen des Zechsteins in Kurland und Litauen. Sie tauchen nach Süden unter und sind in dem Bohrloche Purmallen bei Memel in 232,6 m Tiefe wieder erbohrt<sup>1)</sup>. Daraus ergibt sich für den Zechstein von Schablausk bis Purmallen auf etwa 120 km eine Neigung von 1:515, die etwa einem Generalfallen von 7 Minuten entspricht. Das ist allerdings weniger als der im älteren Paläozoikum beobachtete Fallwinkel, aber auch das Devon fällt hier flacher. Grewingk berechnet für die Devondolomite von Puipe über Popilany, Prekuln nach Libau einen Winkel von 1' 42", wobei natürlich ebenso wie für den Zechstein unentschieden bleiben muss, inwieweit das schwache Generalfallen durch örtliche kleinere Falten bedingt ist. Man wäre damit also nicht zur Annahme einer vorausgehenden orogenetischen Bewegung genötigt.

Transgredierende Lagerung zeigt der Zechstein im Stromgebiet der oberen Windau und ihrer rechtsseitigen Nebenflüsse. Hier liegt der Zechstein in einzelnen vom Diluvium unterbrochenen Vorkommen teils auf Mittel- teils auf Oberdevon. Leider sind keine hinreichenden Anhaltspunkte vorhanden, um zu entscheiden, ob die oben schon genannte, im Kartenbilde zum Aus-

1) Vergl. C. Grewingk, Das Bohrloch von Purmallen bei Memel im Lichte der geognostischen Kenntnis seiner Umgebung. Sitzungsber. d. Naturf.-Gesellsch. Dorpat. Bd. 4, S. 571, 1878.

druck kommende flache Mulde im Stromgebiete der Aa und Windau einer *orogenetischen* Bewegung variszischen oder saalischen Alters zuzuschreiben ist oder einer *epirogenen* Bewegung. Als solche kommt nicht etwa die *epirogene* Abwärtsbewegung am Beginn des Zechsteins in Frage, denn die Zechsteintransgression traf bereits einen abgetragenen Devonsattel (bezw. eine „Kleingebirgsklinale“), sondern es könnte diese in Rede stehende Wellung auch nur wieder auf die *grosse* *epirogene* Aufwärtsbewegung im Oberdevon zurückzuführen sein. Dass eine aufsteigende Fläche bei dieser Bewegung völlig starr ist, kann ja von vornherein nicht erwartet werden, so dass leichte Verbiegungen immer im Bereich der Wahrscheinlichkeit liegen. Auch besteht weiter die Möglichkeit vordyadischer Auslaugungen unterhalb einer grösseren Fläche gerade in diesem Gebiete innerhalb des gipsführenden Mitteldevons.

In jedem Falle aber sind noch nachdyadische *orogene* Krustenbewegungen vorhanden, an denen auch noch Jura und Kreide teilgenommen haben. Freilich kommen diese hier nur in einem sehr schwachen Generalfallen zum Ausdruck, das sich von Baltiski bei Kowno bis Purmallen auf 2' 50" berechnet. Wie Grewingk hervorhob, zeigen Gesteine, soweit sie zu Tage ausgehen, herzynisches oder rheinisches Streichen. Schon damals nahm Grewingk hier junge Bewegungen an, wobei er von gleichförmigen Fältelungserscheinungen spricht, was man nach oben Gesagtem für *Orogenese* in Anspruch nehmen kann.

Weiter südlich in Ostpreussen liegt die Kreide auf Oberem Jura, und zwar muss, da nach Norden zu immer jüngere Horizonte der Oberkreide sich auf den leicht nach Süden geneigten Jura lagern, diese Neigung älter als die Oberkreide sein, die sich ebenfalls noch schwach nach Süden senkt. Die Lagerungsverhältnisse werden durch die sich auf eine grosse Zahl von Bohrungen gründenden schematischen Profile von A. Jentzsch<sup>1)</sup> und A. Tornquist<sup>2)</sup> gut veranschaulicht. Es kann gar keinem Zweifel unterliegen, dass der Beginn der Neigung der Juraplatte rein *epirogenetisch* war. Die Abweichung der Schichtenneigung innerhalb der Kreide, etwa Emscher-Senongrenze, von der Auflagerungsfläche und die Abweichung dieser letzteren von den

1) A. Jentzsch, Neue Gesteinsaufschlüsse in Ost- und Westpreussen 1893—1895. Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1896. S. 1, Taf. IV, 1897.

2) A. Tornquist, Geologie von Ostpreussen, Berlin 1910, S. 227.

Schichtgrenzen innerhalb des Jura, etwa Dogger-Malm, ist so minimal, dass sie vollständig durch die beiden epirogenetischen Vorgänge, die angenommen werden müssen, erklärt wird; was dann noch in diesem ganzen Schichtenstoss an Neigung übrig bleibt, ist postkretazischen Alters. Diese Auflagerungsfläche bestimmt sich durch die Beobachtungen in den Bohrungen von Heilsberg in Ostpreussen, Heydekrug, Gropischken, von denen die letztere bereits etwas nördlich der Kreidegrenze liegt. Die erste durchbohrte nach Durchsinken der Kreide noch 61 m Kimmeridge über Oxford, während die letzte unmittelbar unter Diluvium Oberen Oxford traf, wobei also noch zu berücksichtigen ist, dass ein Teil der Abtragung hier schon postkretazisch oder jungkretazisch sein könnte<sup>1)</sup>. Die Abweichung dieser Auflagerungsfläche vom Einfallen der Juraschichten würde danach bei einer Entfernung von 160 km zwischen Heilsberg und Gropischken dem Verhältnis von 1 : 2623 entsprechen, d. h. etwa  $1\frac{1}{3}$  Minuten.

Man muss sich dabei vergegenwärtigen, dass die Neigung der Auflagerungsfläche der Kreide auf dem Jura bedingt wird durch eine positive Orogenese (= negative Strandverschiebung), also die Heraushebung des jurassischen Meeresbodens, die allmählich von Norden nach Süden fortschritt, wobei gleichzeitig auch die Abtragung von Norden her begann. Ihr folgte eine negative Epirogenese (= positive Strandverschiebung), also eine flache Einsenkung, die umgekehrt von Süden nach Norden fortschritt und nach Norden hin immer jüngere Kreideschichten unmittelbar auf die geneigte Ablagerungsfläche niederschlug. Man wird also bei dem ersten Vorgang nicht an eine kimmerische Orogenese zu denken haben.

Die Neigung der Kreideschichten beträgt nach A. Tornquist von Königsberg bis Heilsberg 130 m auf 65 km = 1 : 500, was einen Fallwinkel von noch nicht  $7\frac{1}{4}$  Minuten ergibt. Dieser Winkel entspricht etwa dem Fallwinkel des Zechsteins zwischen Purmallen und dem Kurländischen Zechstein, wie ihn C. Grewingk berechnete (vergl. oben). Dass trotz dieses hier vorhandenen geringen Betrages postkretazische orogenetische Bewegungen vorliegen, zeigt eine Karte von A. Jentzsch<sup>2)</sup>, die

1) A. Tornquist a. a. O. und S. 39.

2) A. Jentzsch, Der tiefere Untergrund Königsbergs mit Beziehung auf die Wasserversorgung der Stadt. Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1899. Taf. 12, 1900.

auf Grund zahlreicher Bohrungen in Ostpreussen zusammengestellt ist. Hier ist deutlich ein Sattel mit nordöstlich gerichteter Achse sowie eine kleinere Spezialmulde erkennbar.

Über Falten in der Kreide und im Oligozän der Gegend von Grodno berichtete auch schon C. Grewingk<sup>1)</sup>. Hier wurde beim Dorfe Mela eine schildförmige Erhebung von Kreide mit einem Einfallen von 38° NNO bis N von ihm beobachtet. Weiter südlich bei Golowicze liegt ein ebenso gerichteter Oligozänsattel, der bis zu 30° Fallen zeigt. Dieses starke Fallen ist indes insofern verdächtig, als bei Grodno unter der Kreide die Dolomitstufe des Oberen Mitteldevon mit Gips erbohrt ist<sup>2)</sup>, so dass man hier wohl an Einbrüche in Folge von Auslaugungen zu denken hat.

In jedem Falle bleibt eine postkretazische Orogenese, neben der aber noch eine postkretazische vorunteroligozäne Epirogenese zu unterscheiden ist. Diese letztere muss angenommen werden wegen der nach Süden zunehmenden Mächtigkeit des Unteroligozäns und der offenbar küstenferneren Ausbildung des Miozäns im südlichen Teil von Ostpreussen, worauf schon A. Tornquist aufmerksam gemacht hat. Sie ging offenbar der ersteren voraus, denn auch das Tertiär blieb nicht ungestört. Schon das von C. Grewingk a. a. O. Taf. 1 abgebildete sehr stark überhöhte Profil zwischen Nigranden und Lehnen in Westkurland zeigt, dass die Unteroligozänschichten zusammen mit der Kreide leicht muldenförmig gebogen sind.

Unbedingt orogenetisch aber sind die von F. Kaunhoven<sup>3)</sup> beobachteten Störungen, der bei Orlau einen Miozänhorst feststellte, nachdem er schon früher auf Faltenbildung im Untergrunde des ostpreussischen Diluviums hingewiesen hatte<sup>4)</sup>, und damit kommen wir bereits zu den Störungen ganz jungen Alters, einer glazialen bis spät- oder postglazialen.

---

1) C. Grewingk, Zur Kenntnis ostbaltischer Tertiär- und Kreidegebilde. Arch. f. Naturk. Liv-, Est- und Kurlands. 1. Ser., Bd. 5, S. 209, Taf. 1. 1872.

2) O. v. Linstow, Die Mineralquellen von Westrussland und Galizien. Denkschrift zur Aufsuchung von Salzlagerstätten im besetzten Gebiet. Bezirksverwaltung Kowno 1918. S. 20.

3) F. Kaunhoven, Arbeitsbericht im Jahrb. d. preuss. geolog. Landesanst. f. 1921. S. XL.

4) F. Kaunhoven, Der Bernstein in Ostpreussen, ebenda f. 1913 II. S. 48.

zialen Orogenese, die sich im Süden des Ostseegebietes schwächer, im Norden stärker äussert.

Sehr interessant sind in dieser Beziehung Angaben von B. Doss<sup>3)</sup> über einige bei Windau niedergebrachte Bohrlöcher, von denen das eine, bei etwa 3,5 m über dem Windauspiegel liegende, mit 105,16 m Tiefe Postglazial, Spätglazial und Glazial durchbohrte. Der Yoldia-Ton lag bei 49,07 m, also 45,57 m unter dem Windauspiegel. In einem anderen Bohrloch auf dem Marktplatz wurde noch bis 121 m Tiefe Glazial angetroffen. Aus der Lage des Yoldia-Tones in drei Bohrlöchern in etwa  $1\frac{1}{4}$  km Entfernung ergab sich ein etwa nordwestliches Einfallen von  $1^{\circ}32'$ . Trotz des flachen Einfallens, dessen Betrag aber doch erheblich über die Neigung bei epirogenetischen Bewegungen hinausgeht und jedenfalls in rein orogenetischen Gebieten wie z. B. der sächsisch-böhmischen Kreide vorkommt, wird man diese Falte noch als orogenetisch bewerten können, zumal das Fallen dem skandinavischen Schilde entgegenläuft, namentlich aber im Hinblick auf andere Erscheinungen, die intradiluviale oder spätglaziale Krustenbewegungen im baltischen Gebiet beweisen. So ist namentlich im Süden des Gebietes auf Ostpreussen hinzuweisen.

Schon vor 50 Jahren hatte A. Jentzsch<sup>1)</sup> auf Beziehungen zwischen Morphologie und Tektonik in Ostpreussen aufmerksam gemacht, indem er betonte, dass wohl in allen Gegenden, die sich mehr als 300—400 Fuss erheben, unter der Diluvialdecke ein tertiärer oder vortertiärer Kern das jetzige Meeresniveau überrage. Einige Jahre später brachte er den Gedanken bestimmter zum Ausdruck<sup>2)</sup>. Er zeichnete auf Grund der Morphologie tektonische Linien in Ost- und Westpreussen sowie in Pommern, die mit der erzgebirgischen, rheinischen und herzynischen Richtung zusammenfallen. Nun hat nach den Beobachtungen von O. Jaekel, E. Geinitz u. a. über quartäre Störungen auf Rügen und in Mecklenburg in allerletzter Zeit

---

1) B. Doss, Über die geologischen Aufschlüsse einiger Tiefbohrungen in Windau. Korresp. Bl. d. Naturf.-Vereins, Riga. Bd. 51, S. 73. 1908.

2) A. Jentzsch, Das Relief der Provinz Preussen. Schriften d. phys. ökonom. Ges. zu Königsberg. Bd. 17, S. 176. 1876.

3) A. Jentzsch, Der Untergrund des norddeutschen Flachlandes. Ebenda. Bd. 22, S. 45. 1881.

E. Kraus<sup>1)</sup> auch in Ostpreussen junge diluviale tektonische Bewegungen erkannt. Er prägt dabei für diese jüngste Dislokationsperiode den Namen „Baltische Dislokationsphase“.

Diese Beobachtungen passen aufs Beste zu den Erscheinungen auch im Ostbaltikum. Schon E. Koken<sup>2)</sup> hatte in einer Übersicht über die Geologie Estlands bei Schilderung des älteren Paläozoikums betont, dass der Einbruch des Finnischen Meerbusens ein junges geologisches Ereignis sei und dass dabei gelegentlich ein Horst stehen geblieben sei, wie die Insel Hogland, auf dem dann das Diluvium auf kristallinem Felsen liegt.

Ebenso hat dann O. v. Linstow<sup>3)</sup> die Vermutung ausgesprochen, dass die von ihm angenommenen und kartographisch festgelegten Solquellenspalten, also ein klarer Ausdruck rein orogener Bewegungen, diluvial seien, und zwar junginterglazial. Er weist darauf hin, dass dem Erdinneren durch diese Solquellen grosse Salzmenge entzogen wurden (z. B. bei Druschkieniki mindestens 2386 kg täglich, im Jahre also 871 Tonnen). Wären die Spalten tertiären, etwa miozänen Alters, so hätten sich Hohlräume ergeben müssen, die sehr bedeutende Erdsenkungen auch in Gebieten des Altrotsandsteins — im Devondolomit sind sie ja nichts Seltenes — im Gefolge haben mussten, obwohl das Salz nicht in Lagern, sondern nur als feine Imprägnation auftritt. So verlegt v. Linstow dementsprechend das Aufreissen von Spalten in viel spätere Zeit. Man wird diesen Ausführungen nur beipflichten können.

Sehr viel energischer aber sind diese jungen Krustenbewegungen im Norden, im Gebiet des Finnischen Meerbusens. Die West-Ost-Erstreckung dieses Meeresteils passt schon von vornherein nicht zu der Vorstellung einer Aushobelung durch Eis wie für den Hauptteil der Ostsee, und es drängt sich daher bereits rein morphologisch der Gedanke an einen Grubenbruch auf, namentlich auch bezüglich der weiteren Fortsetzung, Ladoga-See, Onega-See, Weisses Meer. So hat auch Seder-

1) E. Kraus, Die Quartärtektonik Ostpreussens. Jahrb. d. Preuss. geol. Landesanst. f. 1924. Bd. 45, S. 633, 1925.

2) E. Koken a. a. O. S. 398.

3) O. v. Linstow, Die Mineralquellen von Westrussland und Galizien. a. a. O. S. 35. Kowno 1918.

holm<sup>1)</sup> diese Zone als Bruchzone angesehen, die Fennoskandia von der russischen Platte schied, indem er den Dislokationen in Analogie mit den grossen nordatlantischen Brüchen ein tertiäres Alter gab. Auch J. Leiviskä<sup>2)</sup> hält die jüngeren Bruchspalten im südlichen Finnland im allgemeinen für tertiär, meint aber, dass kleinere Brüche auch wahrscheinlich während der Eiszeit und nach der Eiszeit entstanden seien. Bruchbildungen im Ostseegebiet und bei den Ålandsinseln erwähnten auch schon Karpinsky<sup>3)</sup> und R. Credner<sup>4)</sup>, von denen der letztere auch auf die beträchtlichen Schichtenstörungen in den Grundgebirgskernen des Samlandes hinweist. Reibungsbrekzien auf dem Porphyrr der Insel Hogland im Finnischen Meerbusen beobachtete Ramsay<sup>5)</sup>, der Hogland ebenfalls als stehengebliebenen Horst in einem abgesunkenen Gebiet betrachtet. Högbom<sup>6)</sup> nimmt ebenfalls im Ostseegebiet tertiäre Brüche an, und nennt dabei auch eine den Finnischen Meerbusen südlich begrenzende Bruchlinie. Das eine der von ihm wiedergegebenen Profile nach Ramsay (S. 160), das die möglichen Lagerungsverhältnisse veranschaulichen soll, zeigt hier eine abgesunkene südliche Scholle.

Mit aller Bestimmtheit vertrat zuletzt B. Doss<sup>7)</sup> den Gedanken eines Abbruchs am estnischen Glint, von mindestens 125 m, wahrscheinlich aber viel grösserer Sprunghöhe, auf Grund einer Bohrung auf der Insel Kokskär, 35 km nordöstlich Reval,

1) J. Sederholm, Über Bruchlinien mit besonderer Beziehung auf die Geomorphologie von Fennoskandia (Compt. rend. XI. Congr. géol. internat. Stockholm. S. 865. 1910) sowie Weitere Mitteilungen über Bruchspalten mit besonderer Beziehung zur Geomorphologie von Fennoskandia. Fennia 34. Nr. 4. 1913.

2) J. Leiviskä, Zu den Küstenfragen. Fennia 27. Nr. 4, S. 9. 1908.

3) A. Karpinsky, Der allgemeine Charakter d. Schwankungen der Erdkruste im Bereich des europäischen Russlands (russisch). Bull. Acad. Sc. St.-Petersbourg. I. S. 17. 1894.

4) R. Credner, Über die Entstehung der Ostsee. 6. Jahresber. d. Geogr. Gesellsch. Greifswald. S. 74. 1896.

5) W. Ramsay, Hoglands geologiska byggnad. Geol. Fören. i Stockholm Förh. XII. Nr. 6. Referat N. Jahrb. f. Min. etc. 1892 I. S. 77.

6) A. G. Högbom, Fennoskandia, Handbuch d. Regionalen Geologie 13. S. 3.

7) B. Doss, Über die Herkunft des Naturgases auf der Insel Kokskär im Finnischen Meerbusen nebst Bemerkungen über die Entstehung der Insel. Centralbl. f. Min. etc. 1913. S. 609.

ohne sich indes näher über das Alter der Verwerfung zu äussern<sup>1)</sup>. Hier war zur Erlangung artesischen Wassers ein Bohrloch bis auf etwa 115 m Tiefe niedergebracht worden, ohne dass die Diluvialablagerungen durchsunken wurden, die Doss als Äs deutete. Bei 27 m wurden dabei brennbare Gase angebohrt, die offenbar auf dieser Bruchspalte aufdrangen und zu dem grossen Ausbruch von 1903 führten. Lange Jahre noch haben diese Gase zur Beleuchtung des dortigen Leuchtturmes gedient, und noch 1912 erfolgte der Gasausbruch gelegentlich unter explosionsartigen Knallerscheinungen. Mit Recht nahm B. Doss an, dass die Gase dem Dictyonemaschiefer entstammen, und glaubte so auch darin eine volle Bestätigung seiner Annahme einer Bruchspalte im Süden des Finnischen Meerbusens finden zu können. Hier handelt es sich indes im Gegensatz zu dem von Högbom wiedergegebenen schematischen Profil um eine abgesunkene nördliche Scholle. Mit der Annahme eines Grabens längs der Küste liessen sich beide Auffassungen vereinigen, die gut der Tatsache entsprechen würde, dass hier am Glint im westlichen Teile des Finnischen Meerbusens die grösste Wassertiefe liegt. In Anbetracht der grossen Höhendifferenz in der Lage des Diluviums auf dem Festlande und der Insel wird man mindestens diesen letzten Abbruch, wie schon bei anderer Gelegenheit<sup>2)</sup> von mir betont wurde, als intradiluvial oder jungdiluvial anzunehmen haben, zumal sich ähnliche Verhältnisse auch auf der Insel Wrangelsholm zeigten. Auch hier war vor einigen Jahren eine Bohrung im Diluvium angesetzt worden, das, soweit dies die mir zugänglich gemachte Bohrtabelle erkennen liess, bei 67 m noch nicht durchsunken war und ebenfalls von unten aufgedrungene Gasansammlungen enthielt. Man muss sich dabei vergegenwärtigen, dass der ursprüngliche Betrag der Sprunghöhe verschieden anzunehmen sein wird, je nachdem die postglaziale epirogenetische Hebung des von Spalten durchsetzten Gebietes, also des Küstengebietes einschl. der Inseln jenseits der Bruchspalte, gleichmässig erfolgte oder die einzelnen Schollen verschieden schnell an den Bruchlinien aufstiegen, was ich, wie gesagt,

1) Vergl. H. Scupin, Zur Petroleumfrage in den baltischen Ländern. Acta et commentationes universitatis Dorpatensis A VI 11. S. 5.

2) H. Scupin, Alter und Herkunft der ostbaltischen Solquellen und ihre Bedeutung für die Frage nach dem Vorkommen von Steinsalz im baltischen Obersilur. Acta et comment. universitatis Dorpatensis A X 2. S. 9. 1926.

auch mit der Vorstellung einer epirogenetischen Bewegung im Gefolge einer orogenetischen für vereinbar halte.

Die Fortsetzung dieser Dislokationen nach Osten ist dann in den oben geschilderten starken Störungen in der Gegend von Petersburg gegeben, von denen vorläufig dahingestellt bleiben muss, in wie weit es sich hier um im Quartär wieder aufgelebte tertiäre Krustenbewegungen handelt, wie sie einige Forscher annehmen. Gerade hier würden vielleicht Spezialuntersuchungen auf diese Frage hin am meisten Aussicht auf Erfolg bieten, die sich dann auch auf Ladoga- und Onegasee sowie das Weisse Meer erstrecken sollten.

Jedenfalls fügt sich die Annahme diluvialer orogener Krustenbewegungen am Glint gut in das Gesamtbild ein, wie es sich für das östliche und südliche Ufer der Ostsee durch die Verhältnisse in Ostpreussen, die Spalten in Litauen und Kurland und schliesslich weiter im Westen die quartären Dislokationen auf Rügen und in Mecklenburg ergibt. Die Beobachtungen am Yoldia-Ton im Untergrund von Windau würden eine Fortdauer der Orogenese bis in postglaziale Zeit beweisen, bis dann wieder die rein epirogenetischen Bewegungen zur Alleinherrschaft gelangen.

### Nachtrag.

Nachdem die obigen Ausführungen niedergeschrieben und im Mai 1926 zur Drucklegung eingesandt waren, erschien wenige Monate später das Buch von S. v. Bubnoff, Geologie von Osteuropa, das die hier berührten Fragen ebenfalls anschnidet und zu dem ich daher noch nachträglich Stellung nehmen möchte.

S. v. Bubnoff folgert aus der übergreifenden Lagerung des mitteldevonischen Altrotsandsteins über die verschiedenen Stufen des Silurs orogenetische Bewegungen kaledonischen Alters. Ich habe oben bereits ausgeführt, weshalb diese Annahme nicht zutreffend ist. Es handelt sich, um noch einmal zusammenzufassen, nicht um eine orogenetische, sondern um eine epirogenetische Diskordanz, wie ich schon in meinen älteren das Baltikum betreffenden Arbeiten ausgeführt habe. Die geringe Mächtigkeit der einzelnen Silurstufen in Verbindung mit dem breiten Ausstrich auf der Grewingkschen Karte zeigt bereits die ganz

schwache Neigung der Schichten, die im allgemeinen höchstens  $1/3-1/2^{\circ}$  erreicht, im Gebiet der Stufen G und H aber auf etwa 1:1000 heruntergeht. Eine positiv gerichtete epirogenetische Bewegung von ganz wenigen Minuten genügt, wie gezeigt, vollständig, um allmählich von Norden nach Süden fortschreitend den Meeresboden des Silurs über den damaligen Meeresspiegel herauszuheben, auch wenn das Meer nicht so flach gewesen wäre, wie dies tatsächlich der Fall war, und in Verbindung mit der gleichzeitig einsetzenden und während der Landzeit des Unterdevon fortschreitenden Abtragung, sowie den von Süden her vordringenden Wüstenablagerungen des Mitteldevons diese Diskordanz zu schaffen. Die minimale Abweichung in der Neigung der Silurschichten von denen des Mitteldevons entspricht der Neigung, welche der silurische Meeresgrund bei diesem epirogenetischen Vorgang durch Aufsteigen im Norden erfuhr. Der Hauptanteil der Neigung von höchstens  $1/2^{\circ}$  betrifft also die Devonschichten mit, kann also nicht kaledonisch sein, abgesehen davon, dass auch die Entfernung von dem nordeuropäischen kaledonischen Gebirge keineswegs zu einer derartigen Erklärung drängt.

Mit Tornquist betrachtet v. Bubnoff die Kippung der von ihm angenommenen „kaledonischen Achse“ als präoberkre-tazisch, fügt aber ausdrücklich hinzu, dass „damit nicht behauptet werden soll, dass nicht gleichsinnige Bewegungen schon die Verteilung von Zechstein und Callovien bedingen“.

Das Letztere muss in der Tat unterstrichen werden. Eine lange Kette von positiven und negativen epirogenetischen Bewegungen vom Praecambrium bis ins Quartär ist nachweisbar. Wenn wir von den kleineren Schwankungen absehen, bleiben, wie gezeigt, als weitgreifende epirogenetische Bewegungen übrig im Präkambrium eine positive und eine negative Epirogenese, am Ende des Unterkambriums eine positive, am Beginn des Untersilurs eine negative, zu der innerhalb des Untersilurs noch zweimal eine positive und eine negative tritt, bei Beginn des Obersilurs eine positive und eine negative, am Schlusse desselben eine positive, im Mitteldevon eine negative, im höheren Oberdevon eine positive Epirogenese. Eine negative und eine positive Epirogenese bezeichnen Beginn und Abschluss der baltischen Zechsteinablagerungen, in gleicher Weise wird eine negative Ursache der Callovientransgression, während eine positive die

Trockenlegung am Ende des Malm veranlasst. Es folgt eine negative, die Transgression der Oberkreide bedingende, eine positive als Abschluss derselben, ebenso wiederholt sich im Süden der Wechsel negativer und positiver Epirogenese im Oligozän, während sich westlich der Weichsel die positive Epirogenese bis an die Wende von Oligozän und Miozän hinausschiebt, noch einmal gefolgt von einer präglazialen negativen Epirogenese. Erst das Diluvium bringt dann hier wirkliche orogenetische Bewegungen, auf die auch alles, was an eigentlichen Falten im älteren Paläozoikum vorhanden ist, zurückgeführt werden muss. Es wurde gezeigt, dass hierzu auch ein Teilbeitrag der ganzen „Kippung“ der baltischen Platte gehört und dass diese orogenetische Bewegung auch im tiefsten Postglazial noch weiterzugehen scheint in Zusammenarbeit mit Epirogenese und Isostasie infolge des Nachlassens des Eisdruckes. Auch heute noch setzt sich die Epirogenese in einem Aufsteigen des nördlichen Baltikums bzw. einer Einsenkung des südlichen Gebietes fort, wie zuletzt A. Mieler<sup>1)</sup> gezeigt hat.

Die Tendenz der Epirogenese seit dem Präkambrium bis heute ist die gleiche geblieben, Aufsteigen im Norden, Senkung im Süden, gewissermassen Drehung um eine Achse, die nur zu verschiedenen Zeiten verschieden lag. Gerade diese Tendenz zur Bildung einer Geosynklinale im Süden, einer Geantiklinale im Norden lässt mir die Annahme von „Oscillationen“, ein Auf- und Niedertauchen des Meeresbodens, als unbefriedigend erscheinen und macht mir die einheitliche Erklärung einer andauernden Senkung mit Aufschüttung im Süden, einer dauernden Hebung mit Abtragung im Norden bei wechselnder Drehungsachse wahrscheinlich, wie ich dies früher ausgeführt habe<sup>2)</sup>. Die Drehung einer zum Teil vom Meere bedeckten Fläche um eine untermee-

---

1) A. Mieler, Ein Beitrag zur Frage des Vorrückens des Peipus an der Embachmündung und auf der Peipusinsel Pirisaar in dem Zeitraum von 1682—1900. Publ. Inst. Univ. Dorpat. Geograph. Dorpat. Act. et comm. Univ. Dorpatensis A IX 2. 1926.

2) Vergl. hierzu H. Scupin, Die Umkehrung von Strandverschiebungen in der Erdgeschichte. Sitzungsber. d. Naturf. Ges. b. d. Universität Dorpat. Bd. 30, S. 3., 1923 und Transgression und Regression als einheitlicher Vorgang. Geol. Rundschau. Bd. 14, S. 328. 1923.

rische Achse im Sinne einer Hebung des landwärtsgelegenen Meeresbodens und des Landteils bedingt positive Epirogenese, negative Strandverschiebung, die Drehung um eine landeinwärtsliegende Achse im gleichen Sinne bedingt positive Strandverschiebung d. h. negative Epirogenese, also Strandverschiebungen im entgegengesetzten Sinne ohne Umkehrung der Drehungsrichtung, nur mit verlagerter Drehungsachse.

Es bliebe noch die Frage zu erörtern, wann die diluviale Dislokationsphase, die im mittleren Diluvium ihren Höhepunkt erreicht, ihren Anfang genommen hat. Die Betrachtung des schematischen Profils bei Tornquist (a. a. O.), das auch bei v. B u b n o f f zur Darstellung gebracht ist, könnte zu der Vorstellung Veranlassung geben, dass sie bereits vor dem Diluvium begonnen habe, doch könnte die dauernde epirogenetische Einsenkung im Süden bis zu Beginn des Diluviums schon zur Erklärung der Diskordanz zwischen Diluvium und den älteren Schichten genügen; immerhin bleibt die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass diese orogenen Krustenbewegungen schon im Präglazial eingesetzt haben.