

123

LATVIJAS
ŪNIVERSITĀTES RAKSTI
ACTA UNIVERSITATIS LATVIENSIS

MATĒMATIKAS UN DABAS
ZINĀTŅU FAKULTĀTES SERIJA

I. SĒJUMS
I. TOMUS

№ 5—6

R Ī G A, 1 9 3 0

9 1111
1 1111d

8

LIBRARY
642-15-88

Ueber die Bedeutung der Typen für die naturhistorische Nomenklatur

Vortrag gehalten in der Gelehrten Gesellschaft bei der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Lettlands am 1. Dezember 1929

von

Prof. Dr. *Embrik Strand*

Unter Type verstehen wir bekanntlich das Objekt, nach dem die Kennzeichnung (Beschreibung) einer neuen Art oder Varietät angefertigt ist. Wenn dem Beschreiber mehrere Individuen derselben Art vorliegen, hat er eins davon als Type, als die Haupttype, zu erwählen; dies Exemplar wird mit einem schönen bunten Typenzettel dekoriert, und, wie es nun einmal in der Welt ist, wer ein Bischen dekoriert ist, gilt gleich als etwas ganz besonders — auch wenn er, wie es in diesem Falle sein kann, sechs Beine hat!

Die anderen bei der Anfertigung der Originalbeschreibung mitbenutzten Exemplare werden als Cotypen, Paratypen etc. bezeichnet und brauchen für die uns heute interessierenden Fragen nicht extra berücksichtigt zu werden. Auch möchte ich gleich betonen, dass ich vorerst nur die neozoologischen und insbesondere entomologischen Typen besprechen werde und dass die Beispiele, die ich erwähne, sämtlich aus der Entomologie genommen sind; dann nachher werde ich die palaentologischen Typen, bei denen die Verhältnisse nicht unwesentlich anders liegen, kurz besprechen.

Die zoologische Nomenklatur fängt bekanntlich mit dem Jahre 1758 an. Für die Systematiker der damaligen linnaeanischen Periode existierte der Begriff „Type“ in unserem Sinne praktisch genommen überhaupt nicht; dann kam eine Zeit, wo die Bezeichnung „Type“ in der Literatur zwar hin und wieder auftauchte, aber ohne eine nennenswerte Bedeutung zu erlangen. In der neueren Zeit ist das

ganz anders geworden; bei vielen Autoren, insbesondere denjenigen, die als „Spezialisten“ gelten wollen, ist es jetzt so weit gekommen, dass die Begründung der Arten praktisch genommen ausschliesslich auf Grund der Typen erfolgt, während die Beschreibung und eventuell Abbildung als etwas Nebensächliches, als eine reine Formsache betrachtet wird. Dementsprechend werden die Beschreibungen neuer Arten, welche die betreffenden Autoren publizieren, kurz und oberflächlich gemacht; die Hauptsache ist die Angabe, wo die Type sich befindet; wer über die „Art“ etwas wissen will, möge sich dann an den Besitzer der Type mit entsprechender Bitte wenden! Die Mühe, eine wirklich wissenschaftlich brauchbare Beschreibung der Art zu verfassen, wird dem Nachuntersucher der Type überlassen; trotzdem muss der Originalbeschreiber bzw. Typenbesitzer, möge seine sogenannte „Beschreibung“ so schlecht sein, wie sie will, als Autor der Art gelten, sein Name wird als solcher verewigt, während der Name des Nachbeschreibers mit dem Namen der Art im allgemeinen nicht verbunden wird, auch wenn er der erste ist, der eine die Wiedererkennung der Art ermöglichende Beschreibung gegeben hat. Dass dies erstens eine Ungerechtigkeit ist und zweitens auch gegen den Sinn (wenn auch nicht gegen den Buchstaben) der Nomenklaturregeln verstösst, lässt sich nicht bestreiten, dennoch hat sich dieser Usus allgemein eingebürgert. Welche dominierende Rolle die Typen in der neueren systematischen Literatur spielen, geht wohl am deutlichsten daraus hervor, dass man in der Literatur gar nicht selten die Angabe vorfindet, dass die Arten so und so nicht berücksichtigt werden konnten, weil die Typen nicht zugänglich waren; die Arten zu deuten nach der Beschreibung allein hat denn der betreffende Autor offenbar nicht einmal versucht! Die angebliche oder wirkliche Unzugänglichkeit der Typen dient dann dem betreffenden Autor als Vorwand dazu, die betreffenden, früher beschriebenen Arten zu ignorieren, insbesondere dann, wenn diese von einem ihm misliebigen Autor stammen, damit er selbst um so mehr Arten als angebliche „*nn. spp.*“ beschreiben kann. Die viel Unheil anrichtende sogenannte „Mihi-Sucht“, d. h. die Sucht mancher Autoren möglichst viel Arten als *n. sp.*, neu für die Wissenschaft, zu beschreiben, um durch Anhängen seines Namens oder des Wortes „*mihi*“ an den Artnamen seinen eigenen Namen zu verewigen, wird somit durch die starke Berücksichtigung der Typen gefördert, und zwar ganz bedeutend. Die Behauptung, dass ohne Typen zur Unter-

suchung zu haben ein wissenschaftliches Arbeiten auf dem Gebiet der Systematik überhaupt nicht möglich sei, wird von vielen Spezialisten als ein Dogma betrachtet, worüber die Akten ein für allemal geschlossen sind. Diese starke Berücksichtigung und Wertschätzung der Typen, wofür ich den Ausdruck Typenkult geprägt habe, ist überhaupt heutzutage zu einer Mode geworden, und — wie es mit so vielen „Moden“ der Fall ist — als solche über Rücksichten auf Vernunft und Logik erhaben. Dass es dazu hat kommen können, ist um so auffallender, als die zoologischen Nomenklaturregeln (auch die neuesten, nämlich diejenigen von 1927) das Wort „Type“ in unserem Sinne überhaupt nicht erwähnen (nur in dem „Anhang“ ist einmal von „typischen Stücken“ (= Typen) die Rede, aber nur in einem „Ratschlag“, nicht in den bindenden „Regeln“). Selbst habe ich mich immer skeptisch zu dem Typenkult verhalten und Typen nur so weit berücksichtigt, wie ich andere bestimmte Sammlungsexemplare zum Vergleich benutzt habe; in beiden Fällen unter Vergleich mit der zugehörigen Beschreibung, die ich als in erster Linie massgebend betrachtet habe, wenn zwischen den vermeintlichen Typen oder den anderen verglichenen Exemplaren und der Beschreibung Unterschiede festgestellt wurden. Diese Skepsis meinerseits ist allmählich, je mehr Erfahrung ich bekommen habe, und vor allen Dingen je mehr zoologische Autoren ich kennen gelernt habe, zu der festen Überzeugung geworden, dass der heutige Typenkult, als eine Hauptursache der z. T. chaotischen Zustände in der Nomenklatur anzusehen ist und dass eine neue Bestimmung in die Nomenklaturregeln eingeführt werden müsste, um den unheilwirkenden Seiten des Typenkultes die Spitze abzuberechen. Um eine Diskussion über diese Frage anzuregen, habe ich kürzlich unter dem Titel „Schach dem Typenkult“ einen ganz kurzen Artikel veröffentlicht, worin einige der wichtigsten der bedenklichen Seiten des Typenkultes hervorgehoben wurden; um meine Thesen gleich weiteren Kreisen von Interessenten vorlegen zu können, habe ich sie in je einer Zeitschrift in der deutschen, der französischen und der englischen Sprache veröffentlicht. Jemand hat mir nun erklärt, der von mir gewählte Titel des Artikels „Schach dem Typenkult!“ sei etwas anspruchsvoll. Tja, das mag sein, die bisherigen Resultate deuten aber darauf hin, dass dieser Titel insofern zu recht besteht, als bisher weder in den mir bekannt gewordenen öffentlichen, noch in den mir brieflich geschickten Äusserungen zu meinen Thesen meine Begründung irgendwie

entkräftet worden ist, letztere also insofern doch den Typenkult „Schach“ gesetzt hat! Es sind zwar ernstzunehmende, an sich begründete Einwendungen erhoben worden, diese gehen aber alle von einer falschen Voraussetzung aus, nämlich von der Annahme, dass ich jeden Gebrauch der Typen und die Typenfixierung überhaupt abgeschafft haben möchte! So war es meinerseits nicht gemeint; ich betrachtete es als etwas Selbstverständliches, dass schon in der Bezeichnung „Typenkult“ das nötige gesagt wäre, denn diese Bezeichnung bedeutet doch nicht dasselbe wie „Typenverwendung“ oder wie „Typenfixierung“, sondern ist eine Bezeichnung für die übertriebene, allzu grosse Verehrung und Verwendung der Typen. Als Vergleichsobjekte dagegen, so wie ich selbst, wie schon gesagt, sie immer verwendet habe, mögen sie auch weiter verwendet werden und daraus folgt, dass die Typenfixierung auch beibehalten werden kann, meinetwegen auch die Dekoration der Typen, was aber abgeschafft werden müsste, ist die Berechtigung auf Grund angeblicher Typenuntersuchungen nomenklatorische Änderungen, Neubenennungen oder Synonymisierungen einzuführen, nur Synonymisierung, Ungültigerklären, eigener Arten soll erlaubt sein, weil in dem Fall doch angenommen werden muss, dass nur sachliche Motive vorliegen. Mit anderen Worten, die Privilegien der Typen im Vergleich mit anderen bestimmten Sammlungsexemplaren sollten abgeschafft werden und dies wäre in den Nomenklaturregeln ausdrücklich festzulegen. Die Bestimmungen hätten erst nach zwei Jahren in Kraft zu treten, damit die Autoren Zeit haben sich danach einzurichten.

In der Tat spielen somit die Typen heutzutage eine sehr grosse Rolle. Wie es dazu hat kommen können, erklärt sich u. a. aus folgenden Gründen: Die meisten der existierenden Typen sind ja in den grösseren Museen aufbewahrt, alle diejenigen, welche glauben ohne Typen nicht auskommen zu können, sind daher von diesen Museen abhängig, darauf angewiesen, sich die Gunst der an diesen tätigen Beamten zu verschaffen und erhalten. Der ohnehin grosse Einfluss solcher Museen wird dadurch zu einem entscheidenden Machtfaktor; das wissen die Museumsleitungen auch ganz genau und tun das ihrige, um den Typenkult zu fördern. Das British Museum in London, das viel mehr Typen als irgendein anderes Museum der Welt besitzt, hat es in dieser Beziehung zu einer Welthegemonie gebracht, denn aus allen 5 Kontinenten pilgern Systematiker nach genanntem Museum, um dort Typen zu studieren. Dass die Londoner

sich zu meinem „Schach dem Typenkult!“ ablehnend verhalten würden, musste ich daher im voraus ganz genau, und zwar musste das alte erprobte Mittel des Totschweigens herhalten! Und alle diejenigen, die von der Gunst der Museen abhängig sind, hüten sich meistens eine selbständige diesbezügliche Meinung zu äussern. Aber auch Privatleute, die selbst Sammlungen besitzen oder als angebliche „Spezialisten“ in irgendeiner Gruppe tätig sind, können persönlichen Vorteil vom Typenkult haben; wie das gemacht wird, werde ich noch durch eine Anzahl Beispiele zeigen. Dass man an einer Type manches schneller und bequemer als aus einer vielleicht seitenlangen Beschreibung feststellen kann, hat auch dazu beigetragen, die Typen „beliebt“ zu machen.

Die Neigung als Besserwisser aufzutreten, ist, was psychologisch leicht erklärlich, gerade bei Wissenschaftlern häufig vorhanden, und diese finden in der Nachuntersuchung der Typen ein besonders dankbares Tätigkeitsgebiet, was auch zur Förderung des Typenkultes beigetragen hat.

Die Begründung aber, die immer wieder für die angebliche Unentbehrlichkeit der Typen vorgebracht wird, ist, dass die Beschreibungen so schlecht seien, dass es unmöglich sei, ohne Vergleich der Typen sichere Bestimmungen zu erreichen. Abgesehen davon, dass man mit gutem Willen sich leicht davon überzeugen kann, dass die Beschreibungen durchgehends besser als ihr Ruf sind und dass obige Behauptung häufig bloss als Vorwand gebraucht oder aus Gedankenlosigkeit nachgeplappert wird, wundert es mich, dass, wie es scheint, niemand darauf gekommen ist, die Sache von dem umgekehrten Gesichtspunkt zu betrachten und sich fragen, welchen Einfluss der Typenkult wohl auf die Brauchbarkeit der Beschreibungen haben muss? Wenn die Typenfanatiker wissen, dass die Typen allein entscheidend sind, die Beschreibungen dagegen eine reine Formsache, wenn sie nicht nur wissen, dass es heute so ist, sondern womöglich diesen Zustand auch noch als einen idealen (wenigstens für ihre eigene Zwecke) betrachten, ist es dann zu erwarten, dass sie sich viel Mühe geben werden, um gute Beschreibungen zu liefern? Eine gute Beschreibung erfordert manchmal stundenlange, mitunter tagelange angestrengte Arbeit, eine Arbeit, die nach Ansicht der meisten Leute nicht einmal als an sich „interessant“ betrachtet werden kann! Ist es vom Standpunkt des Typenanhängers nicht sogar vollkommen lo-

gisch, dass er sich das „Beschreiben“ ganz bequem macht, eine Diagnose von wenigen Zeilen hinschreibt, darin als das Wichtigste angibt, wo die Type sich befindet, und nun das Übrige anderen überlässt! Wenn in den Nomenklaturregeln eine Beschreibung nicht ausdrücklich verlangt wäre, würde eine solche nicht einmal pro forma von den Typenanhängern geliefert werden. Der Typenkult fordert direkt dazu auf, mangelhaft zu beschreiben, bildet eine Prämierung der schlechten Leistungen, so dass man ruhig behaupten kann, dass die Brauchbarkeit der Beschreibungen mit der Verehrung der Typen seitens des betreffenden Verfassers umgekehrt proportional ist. Überall in der menschlichen Betätigung ist es sonst so, dass das Untaugliche erfolglos bleibt, oder ganz unberücksichtigt bleibt, in der deskriptiven Naturgeschichte ist es, soweit der Typenkult praktiziert wird, gerade umgekehrt. Eine Beschreibung kann so miserabel, so flüchtig und oberflächlich sein, wie sie will, wenn die Type vorhanden ist, wird die miserable Beschreibung genau so honoriert wie die musterhafte, indem in beiden Fällen das Gleiche erreicht wird, nämlich die Priorität und die Gültigkeit der betreffenden Art zu sichern. Dabei wird noch gewissermassen stillschweigend vorausgesetzt, dass andere Autoren die Verpflichtung haben von der durch die Type geretteten Art eine brauchbare Beschreibung zu geben, dennoch aber werden letztere Autoren nicht als die nomenklatorischen Autoren der Art anerkannt. Dass ausgerechnet die Originalbeschreibung durch den Typenkult minderwertig wird, ist um so bedauerlicher, als man berechtigt ist anzunehmen, dass die Originalbeschreibung unter sonst gleichen Bedingungen im allgemeinen gewissenhafter ist, als die von Nachuntersuchern gelieferten Beschreibungen sind. Es ist unlogisch von den Typenverteidigern immer auf die angebliche Mangelhaftigkeit der Beschreibungen hinzuweisen, um den Typenkult zu verteidigen, wo ein wenig Überlegung den Leuten sagen müsste, dass die Mangelhaftigkeit in erster Linie eine Folge des Typenkults ist. — Dann, in allen Fällen wird früher oder später die Zeit kommen, wo die Type nicht mehr existiert (während die Beschreibungen immer bleiben, weil sie nochmals abgedruckt werden können), was soll dann geschehen? Wenn die Typenverteidiger ganz konsequent sein wollen, müssen sie dekretieren, dass sobald die Type einer Art von den Motten aufgefressen worden ist, ist die Art definitiv zu streichen, und nach demselben Prinzip müssten alle

Arten gestrichen werden, deren Typen nachweislich verloren oder wenigstens nicht auffindbar sind.

Dass die Beschreibungen meistens lange nicht so unbrauchbar sind, wie es zu Ehren der Typen gejammert wird, dafür ist ein Werk von Prof. A. C. Oudemans: „Kritisch Historisch Overzicht der Acarologie“. Bd. II. 1759—1804. XVII+1097 pp. gr. 8^o (1929) der beste Beweis, den man sich denken kann. In diesem Band werden die 300 Arten Milben, welche bis zum Jahre 1804 beschrieben waren, gedeutet, und zwar ausschliesslich nach den Beschreibungen, ohne irgendwelche Typen dazu.

Wo Sachkenntnis, Gewissenhaftigkeit, Genauigkeit, Geduld vereinigt sind, können somit sogar die Arten aus einer so schwierigen Gruppe wie die Milben sind, nur nach den in diesem Fall sogar vor mehr als 100 Jahren verfassten Beschreibungen wiedererkannt werden. Ein besserer Beweis für die Überflüssigkeit des Typenkults kann man sich wohl kaum denken!

Dass die Beschreibungen früherer Autoren durchgehends viel besser als ihr Ruf sind, wird neuerdings, einige Monate nachdem mein diesbezüglicher Artikel erschienen war, ausser durch Oudemans auch durch einen anderen Acarologen, Prof. A. Jacot, energisch hervorgehoben, unter Hinweis darauf, dass „Typen“ verwechselt, verlegt, vermischt oder in anderer Weise unzuverlässig gemacht werden können, weshalb er zu dem Schluss kommt: „Thus preference should be given to the published data“. Den Beweis für die Identität fraglicher Arten älterer Autoren will er in den meisten Fällen durch Untersuchung neuen Materials von der typischen Lokalität erbringen, insbesondere dann, wenn dies Material längerer Zeit hindurch sorgfältig gesammelt ist und womöglich das Sammeln von nicht voreingenommenen Untersuchern wiederholt wird. Er macht auch darauf aufmerksam, wie häufig Arten, die schon als „lost species“ galten, manchmal lange Zeit nachher wiedergefunden worden sind. Er macht auch darauf aufmerksam, dass die Behauptungen von der Mangelhaftigkeit älterer Beschreibungen gerade als Vorwand benutzt werden, um die eigenen Arten per nefas zur Geltung zu bringen, und er stellt mit Recht fest, dass ein solches Verhalten zu Chaos führen muss. Wenn, wie wir somit aus dem Zeugnis zweier der berufensten Vertreter der heutigen Acarologie, Oudemans und Jacot, wissen, dass bei den Acari, die meistens schwer zu bestimmende Tiere sind, eine Identifizierung der Arten älterer Autoren

nach den Beschreibungen allein, ohne Typen, möglich ist, so umso mehr muss das möglich sein, bei Gruppen, die einfacher zu bestimmen sind.

Bei der Frage, ob eine Beschreibung als genügend anzusehen ist oder nicht, darf man nicht vergessen, dass der Zweck der Beschreibung erreicht ist, wenn diese gestattet, die neue Art von den damals bekannten Arten zu unterscheiden. Wenn damals z. B. 3 Arten aus der betreffenden Gattung bekannt waren, genügt es, wenn die Beschreibung der neuen Art ausreicht, um die neue Art von den 3 bekannten zu unterscheiden. Wenn später einmal, sagen wir mal 20 weitere neue Arten der betreffenden Gattung hinzukommen, wird die Sache natürlich komplizierter, so dass dann um so grössere Ansprüche an die Beschreibungen der hinzugekommenen Arten gestellt werden müssen. Das kann aber der Beschreiber der Art Nr. 4 unmöglich vorher wissen.

Trotzdem also die Anforderungen, die an heutige Originalbeschreibungen gestellt werden müssen, vielfach grösser sind als diejenigen, die vor einer Generation noch genügten, ist es eine beschämende Tatsache, dass viele heutige Beschreibungen nicht so gut sind, wie manche, die vor 100 Jahren geliefert wurden, eben dank in erster Linie dem Typenkult.

Aber wo möglich noch schlimmer ist, dass die Typen, wenigstens innerhalb einiger Gruppen, z. B. Insecta, sehr leicht direkt irreführend werden können, und vor allen Dingen, dass mit Typen leicht Unfug betrieben werden kann. Dies ist auch häufig genug in der entomologischen Literatur in einzelnen Fällen nachgewiesen worden, auffallenderweise hatte aber bisher niemand den Mut die Konsequenzen daraus zu ziehen. Ich werde vorläufig nur zitieren, was Prof. Kitt in „Zeitschr. d. österr. Entomologen-Vereins, 14. p. 68 (1929) in einem Referat über meinen Artikel „Schach dem Typenkult!“ schrieb: „Natürlich [von mir gesperrt (Strd.)] wird mit den Typen Unfug getrieben“, wo „natürlich“ doch nur den Sinn haben kann: „es ist gar nichts anders zu erwarten“. Dass eine Methode, wodurch Unfug zu erwarten ist, in Blüte steht, ist beschämend!

Bevor ich auf diesen Punkt näher eingehe, werde ich kurz noch einige andere Punkte, die nicht zu Gunsten der Typen sprechen, berühren:

Die Erhaltung ist oft mangelhaft und wird natürlich schlechter, je älter das Exemplar wird, bis es schliesslich vernichtet wird. Das Aussehen der alten Typen ist oft sehr verschieden von dem ursprüng-

lichen, in der Beschreibung festgelegten Bild des Tieres. Folglich ist das alte Typenexemplar manchmal ganz irreführend, während die gedruckte Beschreibung ganz unveränderlich ist und auch nicht verloren geht, weil sie nochmals reproduziert werden kann. Auch ohne Altersschwäche können Typen durch Licht, Staub, Beschädigungen etc. ein irreführendes Aussehen bekommen. — Auch wenn die Typen nicht, wie es in Privatsammlungen manchmal der Fall ist, nur dem Besitzer und dessen intimsten Freunden zugänglich, sind sie doch in den meisten Fällen dem Bearbeiter, der sie nötig hätte, gar nicht erreichbar, zumal die Museen am liebsten vermeiden Typen zu verschicken und einige überhaupt nicht Typen ausleihen. Soll auf die Typenbenutzung im bisherigen Sinne weiter bestanden werden, wird es daher bald nicht mehr möglich sein, eine Monographie zu schreiben.

Beim Zugänglichmachen der Typen spielt *Gunst* eine Hauptrolle. Ob die vermeintlichen Typen die richtigen sind, ist, auch von Verwechslungen abgesehen, oft nicht mit Sicherheit festzustellen. Die alten Autoren kannten keine Typenfixierung, Privatsammlungen werden oft aufgelöst und auch die Typen nach verschiedenen Seiten verkauft, nachher tauchen dann häufig Zweifel auf, wer die „richtigen“ Typen bekommen hat; da die Typen einen höheren Handelswert haben, soll es auch vorgekommen sein, dass sie sich in mystischer Weise vermehrt haben.

Was angeblich an der Type von dem Nachuntersucher festgestellt ist, muss immer mit Skepsis betrachtet werden, wenn er Behauptungen aufstellt, die im Gegensatz zu denen des Originalbeschreibers stehen. Das Publikum scheint immer geneigt zu sein, dem Nachprüfer, der angeblich Berichtigungen vorbringt, mehr Vertrauen zu schenken, als dem ursprünglichen Beschreiber. Das ist aus logischen und psychologischen Gründen ganz falsch! Gerade das Umgekehrte ist das Richtige! Denn gerade der Vater der Art hat, schon im eigenen Interesse, allen Grund die Type gründlich und gewissenhaft zu untersuchen, beim Nachprüfer kommt dagegen, möge es auch unbewusst sein, unwillkürlich eine Neigung hinzu, sich als Besserwisser, Entdecker, Verbesserer hinstellen zu wollen, und diese Neigung kann leicht dazu führen, dass er an der Type Abweichungen von der Originalbeschreibung konstatiert, die nur in seiner eignen Einbildung existieren. Wenn dazu noch kommt, dass der Blick des Revisors durch persönliche Animosität, Neid und Hass getrübt ist,

so ist es kein Wunder, dass die Ergebnisse der sogenannten Typenuntersuchung manchmal auffallend sind. Auch der Sensationslüsterne kann dabei leicht auf seine Rechnung kommen.

Ausserdem, was angeblich an einer Type von dem Nachuntersucher festgestellt worden ist, muss auch deswegen mit Skepsis betrachtet werden, weil keine Garantie dafür vorliegt, dass der Nachprüfer ein fähigerer Beobachter als der Originalbeschreiber der Art ist. Denn was an einer Type zu sehen ist, hängt doch sehr von dem Untersucher ab: der eine sieht deutlich Unterschiede, die einem andern, trotz aller Mühe und dem besten Willen, verborgen bleiben. Auch aus dem Grunde ist es sehr gedankenlos, wenn das Publikum immer geneigt zu sein scheint, die Behauptung des Nachprüfers für glaubwürdiger als die des Originalbeschreibers zu halten. Dies gilt auch, wenn es sich um Synonymisierungen auf Grund angeblicher Typenuntersuchungen handelt: es kommt ohne Zweifel recht häufig vor, dass der „Revisor“ Arten zu Synonyma degradiert, weil er die vom Originalbeschreiber angegebenen Unterscheidungsmerkmale nicht gesehen hat, trotzdem sie da sind. Die ausgesprochene Sucht vieler Autoren die Arten anderer Autoren auf Grund angeblicher Typenuntersuchungen für Synonyma zu erklären, dürfte, wenigstens zum Teil, auf mangelnde Beobachtungsfähigkeit zurückzuführen sein, wenigstens ist diese Möglichkeit ebenso naheliegend bei dem Nachprüfer wie bei dem Originalbeschreiber.

Ein weiterer Punkt in dem Typenkult, der heutzutage sehr viel Unfug verursacht, ist folgender: Wenn ein „Spezialist“ gewisse Typen nicht persönlich zur „Untersuchung“ bekommen kann, wendet er sich an irgendeinen Bekannten oder Korrespondenten, der in der Stadt wohnt, wo die betreffenden Typen aufbewahrt werden, und bittet ihn die Untersuchung vorzunehmen, wobei er, um seine Überlegenheit auf dem betreffenden Gebiet zu zeigen, nicht vergisst, gleich anzudeuten, dass er vermutet, dass Type A gleich Art X, Type B gleich Art Y etc. sein wird, und bittet nun den Korrespondenten festzustellen, ob dies stimmt. Letzterer vergleicht Type A mit Art X, ist aber in der Gruppe nicht weiter bewandert, weiss also nicht genau, worauf es ankommt, geschweige denn hat er Übung darin, die in Betracht kommenden Unterscheidungsmerkmale aufzufinden und es ist auch erklärlich, dass er unter diesen Umständen nicht zuerst viel Zeit darauf verwenden will, sich einzuarbeiten. Es gehört wohl nicht viel Logik und psychologisches Verständnis dazu, in diesem

Fall voraussagen zu können, dass die Antwort des Korrespondenten bestätigend sein wird, denn als Laie auf dem Gebiet wird er nur auf die oberflächliche Ähnlichkeit der zu vergleichenden Objekte aufmerksam und jedenfalls kann er nicht den eventuellen gegenteiligen Standpunkt gegen die schon geäußerte oder wenigstens angedeutete Ansicht des Herrn „Spezialisten“ verteidigen, also erledigt er die Sache mit einem „Es wird wohl stimmen!“ und der Spezialist verkündet triumphierend, dass die Richtigkeit seiner Vermutung durch Typenvergleich bestätigt worden sei! Ich könnte hier konkrete Beispiele solchen Schwindels erwähnen. Der ganze „Typenvergleich“ wird in solchen Fällen zu einer Komödie, die ausgenutzt wird, um die dem Spezialisten angenehme Ansicht dem naturhistorisch interessierten Publikum glaubhaft zu machen. — Überhaupt ist es, auch in anderen Fällen, auffallend und verdächtig, dass die angeblichen Typenuntersuchungen fast immer die Richtigkeit der von dem betreffenden Untersucher früher ausgesprochenen Ansichten ergeben!

Dass die Typen einen bedeutenden Handelswert haben, trägt auch nicht dazu bei die Zuverlässigkeit derselben als wissenschaftliche Belegstücke zu erhöhen. Es gibt Autoren, für die die Typen offenbar nur Handelswert gehabt haben, z. B. ist das kürzlich in Bezug auf Friese in aller Öffentlichkeit und unwidersprochen festgestellt worden (in: Mitteilung. zoolog. Mus. Berlin, 15. p. 30; 1929); selbstverständlich ist daher, wie gleichzeitig festgestellt wurde, „das Chaos unter seinen Typen vollständig“. Sehr viele Typen gehen durch die Hände der Naturalienhändler, für die sie natürlich nur als Handelsobjekte gelten; viele deskriptive Naturhistoriker sind teils vom Beruf und teils nebenbei Naturalienhändler, sind also geschäftlich daran interessiert möglichst viele neue Arten und also Typen zu produzieren. Dass darin eine Versuchung liegt, ist selbstverständlich. — Ein bekannter Lepidopterolog soll sogar manchmal seine Arten absichtlich ungenügend oder sogar direkt falsch beschrieben haben, damit die Leute genötigt sein sollten seine Typen zu kaufen, wenn sie über seine Arten sich orientieren wollten.

Dass Konfusion in nachgelassenen Typen häufig dadurch entsteht, dass die Sammlung eines Autors aufgeteilt wird und nun nachher nicht mehr festzustellen ist, wer die „richtigen“ Typen besitzt, hatten wir schon oben erwähnt, und ebenso ist es häufig gegangen bei Leuten, die Museumsbeamte waren und gleichzeitig Privatsammlung hielten. Z. B. die Sammlung von C. G. Thomson ist teilweise

in Berlin und teilweise in Lund, und nun müssen Nebenumstände oder Aussagen von einem Herrn, der noch Thomson gekannt hat, herangezogen werden, um festzustellen, wo und welche die richtigen Typen sind (cfr. „Zool. Anz.“, 81. p. 153; 1929). Dass dabei Irrtümer vorkommen können, ist selbstverständlich.

Bei Versendung von Insektentypen werden häufig alle Etiketten von der Nadel abgenommen und zurückbehalten, dafür eine Nr. an die Nadel gesteckt, und die dem Untersucher der Type interessierenden Angaben werden in eine besondere Liste unter Nennung der Nummer an der Nadel eingetragen; nach der Rücksendung der Typen werden die Etiketten wieder an die Nadel gesteckt. Dass bei diesem wiederholten Abnehmen und Anstecken, eine Arbeit, die wohl obendrein meistens von den Präparatoren ausgeführt wird, Verwechslungen leicht vorkommen können, ist selbstverständlich. Umgekehrt, wenn die Originaletiketten an der Nadel gelassen werden, können sie durch den Nachuntersucher der Type verwechselt oder verloren werden. Auch aus diesem Grunde ist die Zuverlässigkeit der Typen recht fraglich.

Ich werde nun ein Paar Beispiele von mit Typen getriebenem Unfug erwähnen. — Im Zoolog. Institut in Kiel findet sich eine Insektensammlung, die von dem bekannten Entomologen Fabricius, der im Jahre 1804 starb, stammen soll, der also zu einer Zeit arbeitete, wo man den Begriff Type in unserem Sinne nicht kannte, geschweige denn Typenfixierung praktisierte. Fabricius hat 1787 eine neue Biene als *Apis flavipes* beschrieben. Diese Art war bisher nach der Beschreibung allein gedeutet und z. B. in Dalla Torre's „Catalogus Hymenopterorum“ im modernen System untergebracht. 1925 hat ein Herr, der als Spezialist in Bienen gelten möchte, das Bedürfnis gehabt sich als Typenforscher hervorzutun und hat die Typen von *flavipes* angeblich untersucht; er schreibt selbst darüber: „Es sind [in der Sammlung] 2 Stücke (♂♂) vorhanden, von denen das eine einen vergilbten Zettel mit der Aufschrift *flavipes* trägt, während das andere nicht bezettelt ist; ersteres betrachte ich als Type, letzteres als Cotype. Beide sind durch Insektenfrass stark mitgenommen...“. Aus seinen genaueren Angaben über letzteren Punkt geht hervor, dass in der Tat bloss jämmerliche Reste der beiden Insekten vorhanden sind. Welche Beweise liegen nun vor, dass diese Exemplare als Fabricius's Type bzw. Cotype zu betrachten sind? Gar keine! Erstens fragt es sich, ob der vergilbte Zettel überhaupt von

Fabricius geschrieben ist; ein Papierzettel kann bekanntlich vergilbt werden in kürzerer Zeit als seit 1787! Zweitens fragt es sich, ob der Zettel während der ca. 140 Jahre (wenn er wirklich so alt ist) immer an derselben Nadel gesteckt hat; wenn er nun ursprünglich an der anderen Nadel gesteckt haben sollte, wäre die Fixierung der Exemplare als Type bezw. Cotype seitens unseres angeblichen Typenforschers natürlich ganz verkehrt. Drittens, auch wenn der Zettel von Fabricius geschrieben ist und immer noch an der ursprünglichen Nadel steckte, ist damit lange nicht bewiesen, dass diese Exemplare Fabricius bei dem Beschreiben seiner *Apis flavipes* vorgelegen haben und also als Typen in Anspruch genommen werden können, denn während der 17 Jahre, die zwischen dem Beschreiben genannter Art und Fabricius' Tod vergingen, war er entomologisch ununterbrochen weiter tätig; wenn seine Typen nun inzwischen von den Motten aufgefressen wurden, was damals jedenfalls viel häufiger als heutzutage vorkam, weil wir jetzt gute Desinfektionsmittel zur Verfügung haben, die damals nicht existierten, so hat er sicher die dadurch entstandene Lücke in der Sammlung durch andere Exemplare ausgefüllt, die er, vielleicht nur aus dem Gedächtnis, für dieselbe Art hielt. Dabei kann ihm sehr leicht ein Irrtum passiert sein, zumal es sich um eine schwierige Gruppe handelt; die nachträglich als *flavipes* etikettierten Exemplare könnten also möglicherweise einer ganz anderen Art angehört haben. Im Laufe von 17 Jahren könnte ein derartiger Umtausch der Exemplare sogar mehrmals stattgefunden haben. Auch wenn richtig bestimmt, könnten solche Exemplare nicht Typen genannt werden. Viertens, auch wenn alles andere stimmte, bleibt es immer noch eine starke Zumutung, dass die Definition der Art von den zwei nach eigenen Angaben des „Typenforschers“ höchst fragmentarischen, stark zerfressenen Exemplaren abhängig gemacht werden soll, zumal selbstverständlich auch die noch vorhandenen Körperteile der angeblich 140 Jahre alten Exemplare nicht mehr so wie bei frischen Exemplaren sein können. Dabei handelt es sich um eine europäische Art, wovon wir leicht frisches Material zur Verfügung bekommen können. Also alles lauter willkürliche Annahmen, die der Verfasser sich für seine privaten Zwecke erdacht hat, denn die Sache wird so gedreht, dass er durch diese angeblichen Entdeckungen einen Vorwand bekommt einen neuen Artnamen einzuführen, sich als Entdecker und Autor einer neu zu benennenden Art zu präsentieren. Damit ist der Zweck der Übung erreicht. Da er aber offenbar mit böser Kritik

rechnet, hat er die neubenannte Art zu Ehren eines anderen Bienenforschers benannt, in der Hoffnung dann wenigstens von diesem unterstützt zu werden. Für solche Transaktionen sind die Typen ideale Hilfsmittel!

Auch in Linné's Sammlung ist der Unfug des Typensuchers wiederholt betrieben worden. Nachdem Linné 1778 gestorben war, wurde seine Privatsammlung nach London verkauft. Der Ankäufer, Sir Smith, hat sie aber nicht getrennt gehalten, sondern mit seinen übrigen Insektensammlungen vereinigt und diese auch nachträglich aus anderen Quellen ergänzt. Infolgedessen ist es in manchen Fällen nicht einmal mehr möglich festzustellen, ob die Exemplare aus Linné's Sammlung stammen oder nicht, und auch wenn letzteres nachweisbar ist, liegen dieselben Bedenken vor, wie diejenigen, die ich bei Fabricius' Sammlung angeführt habe. Dennoch sind, wie schon gesagt, Entdeckungsfahrten nach angeblichen Typen wiederholt in dieser Londoner Sammlung gemacht, z. B. ein italienischer Lepidopterolog hat Wunderbares unter europäischen Rhopalocern aufgefunden, und auf Grund dieser seiner angeblichen Entdeckungen nun die Benennungen mancher Arten von europäischen Tagfaltern, die seit Linné's Zeit ihren Namen trugen, geändert und dadurch Verwirrung geschaffen, wo bis dahin Ordnung herrschte.

Diese beiden Beispiele betreffen nun alte Sammlungen, in bezug auf Typen aus neueren Sammlungen werden aber nicht weniger bedenkliche Manipulationen gemacht. Ich könnte eine sehr lange Reihe von äusserst instruktiven Beispielen von solchem Typenunfug anführen. Dass ich dabei in erster Linie die Zustände in der Entomologie hervorgehoben habe, erklärt sich natürlich erstens dadurch, dass diese mir am nächsten liegen, und zweitens, wenn ich es selbst sagen darf, weil ich da vielleicht am meisten mit Autorität mitsprechen kann. Mit der Hervorhebung der Entomologie will ich nicht behaupten, dass es in der Entomologie am schlechtesten steht, in der Malakologie z. B. dürfte es nicht besser sein, überhaupt die Gebiete, die von Liebhaber-Naturforschern bevorzugt werden, dürften unter den von dem Typenkult geschaffenen Misständen am meisten zu leiden haben. Das ist ja auch früher häufig genug privatim ausgesprochen worden. Ich muss dabei in erster Linie an meinen alten Freund, Prof. F. Karsch in Berlin, denken, der s. Z. einer der hervorragendsten Entomologen war, der aber noch lange Jahre, bevor er sich von seinem Amt als Museums-Kustos pensionieren liess, mit jeder eige-

nen entomologischen schriftstellerischen Tätigkeit aufgehört hatte, aus Verzweiflung und Ekel vor dem Treiben gewisser Kreise, die sich als Entomologen bezeichnen. Ich hatte damals weniger Erfahrung als jetzt und glaubte damals, dass er die Sache zu pessimistisch betrachtete. Später bin ich freilich anderer Ansicht geworden. Da aber wenig Aussicht besteht, dass die Menschen sich ändern werden, so müsste durch eine Reform versucht werden, die Verhältnisse, welche Irrtümer oder Versuchungen mit sich führen, auszuschalten. Das müsste, wenigstens zum Teil, durch die schon angedeutete Ergänzung der Nomenklaturgesetzen erreicht werden, denn wenn es sich nicht mehr lohnt, Unfug zu machen, so wird ein solcher auch nur selten gemacht werden. Die vorzuschlagende Regel wäre etwa wie folgt zu formulieren:

Typen haben keine nomenklatorische Bedeutung, es dürfen daher auf Grund von nachträglichen Typenuntersuchungen weder Neubenennungen eingeführt, noch Prioritätsansprüche geltend gemacht, noch Gattungen oder Arten anderer Autoren für Synonyma erklärt werden, dagegen sind Synonymisierungen eigener Gattungen oder Arten erlaubt.

Diese Regel sollte erst etwa zwei Jahre, nachdem sie angenommen wäre, in Kraft treten, damit die Autoren genügend Zeit haben ihre Arbeitsweise dementsprechend umzustellen.

Wenn durch die vorgeschlagene Ergänzung der Nomenklaturbestimmungen, die Versuchung, mit den Typen Unfug zu betreiben, nicht mehr so gross sein wird, dann erst werden die Typen ein zuverlässiges Hilfsmittel zur Beseitigung eventueller Mängel der Originalbeschreibung werden können.

Was hier über neozoologische Typen gesagt wurde, dürfte, wenigstens der Hauptsache nach, auch für die neobotanischen Typen gelten.

Was die palaeontologischen Typen anbelangt, so liegen die Verhältnisse, wie ich schon hervorgehoben hatte, da z. T. wesentlich anders. Bei den neozoologischen und neobotanischen Typen kann und muss man immer damit rechnen, dass die Art in der Natur wiedergefunden werden und dass man dann viel bessere Gelegenheit haben wird unsere Kenntnisse der Art zu erweitern, als auch oft wiederholte Nachuntersuchungen der Type ermöglichen würden. Bei den palaeontologischen Typen ist nicht bloss die Möglich-

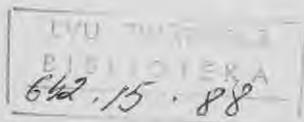
keit lebendes Material von der Art mal zu finden ausgeschlossen, sondern auch die Aussicht weitere fossile Stücke der Art zu finden ist oft ausserordentlich gering oder gar keine. Man muss also hier damit rechnen, dass die vorliegende Type das einzige Belegstück der Art nicht nur ist, sondern auch bleiben wird. Unter den Umständen besitzen die palaeontologischen Typen natürlich eine viel grössere Bedeutung, als die neobiologischen. Andererseits ist aber auch die Gefahr, dass mit den Typen Unfug betrieben werden kann, bei den palaeontologischen Typen geringer. Letztere sind bekanntlich häufig beschädigt, haben dadurch das betreffende Exemplar charakterisierende Merkmale bekommen, und da die Palaeontologen die löbliche Sitte haben, ihre Typen abzubilden, werden diese Merkmale so festgehalten und dargestellt, dass eine Verwechslung der Typen (sogar auch wenn böser Wille vorausgesetzt wird) lange nicht so leicht, wie bei vielen neozoologischen Typen möglich ist. Ferner dürften die palaeontologischen Sammlungen und ihre Typen sich meistens in öffentlichen Museen befinden und daher die Gewähr, dass sie richtig benutzt werden, eher vorhanden sein, als wenn z. B. es sich um rezente entomologische oder malakologische Typen handelt, wo die auf den beiden letzteren Gebieten zahlreich vorhandenen privaten Liebhaber-Spezialisten mit ihren im eigenen Besitz vorhandenen Typen natürlich ganz unkontrolliert machen können, was sie wollen. Ferner ist noch zu berücksichtigen, dass die Deutung und Beurteilung der palaeontologischen Objekte in vielen Fällen so besondere Schwierigkeiten bereitet, dass dem Nachuntersucher wohl deswegen etwas mehr Spielraum gewährt werden muss, als es bei rezenten Typen ratsam ist. Zu berücksichtigen wäre auch, dass die Erhaltung der palaeontologischen Typen in den Sammlungen durchgehends leichter ist als die der neobiologischen Typen, die durch Mottenfrass, Farbenveränderung etc. im Laufe der Zeit stark verändert oder gar vernichtet werden können.

Aus allen diesen Gründen wäre eine Ausnahmestellung der palaeontologischen Typen wohl zu empfehlen. Das hindert aber nicht, dass auch bei den Palaeontologen die Vertrauensseligkeit gegenüber den Typen und die Skepsis gegenüber den Beschreibungen sich in das Gegenteil ändern müssten.

* *
*

Anhangsweise möchte ich über die Stellungnahme einiger Entomologen zu meinem Artikel „Schach dem Typenkult!“ referieren.

Prof. O. Scheerpeltz hat in „Entom. Nachrichtenblatt“ III, p. 16 sq. (1929) sich zu meinen Thesen geäußert. Er stellt mit Recht fest, dass in der systematisch-entomologischen Arbeit der jetzigen Zeit in mehreren Beziehungen nicht nur kein Fortschritt, sondern vielmehr ein Niedergang im Vergleich mit der Zeit der vöhergehenden Generation festzustellen ist. Es tritt nicht nur eine gewisse Arbeitsmüdigkeit in Erscheinung, sondern auch das Interesse an anderen Teilgebieten der Zoologie, die nur irgendwie mit der Systematik in der Entomologie zusammenhängt, ist im Schwinden begriffen. Gewiss ist dies Zunehmen der Interesselosigkeit zum Teil auf dem Geist der heutigen „Sport“-betreibenden Zeit zurückzuführen, zum Teil aber durch die Schwierigkeiten, die heutzutage mit dem Bestimmen auf entomologischem Gebiet verbunden ist. Scheerpeltz hebt mit Recht, obendrein in kräftigen Ausdrücken, die Minderwertigkeit eines grossen Teiles der heutzutage gelieferten Beschreibungen hervor, die erst von unseren Nachfahren werden verbessert werden müssen, um überhaupt brauchbar zu werden. Will man nun bei den Typen Auskunft suchen, dann, so setzt Scheerpeltz fort, „gerät man erst recht in die allergrössten Schwierigkeiten, muss Zeit- und Geldopfer bringen . . . , ganz abgesehen davon, dass man viele derartige Typen, zum Beispiel aus einzelnen Musealsammlungen, zur Einsicht überhaupt nicht mehr erhalten kann, ja, dass oft nicht einmal eine kostspielige, zeitraubende Reise an den Ort der derzeitigen Typenaufbewahrung etwas mehr nützen kann, da mittlerweile die Anthrenen, Staub und Schimmel . . . das Vernichtungswerk an den Typen beendet haben.“ Und dies alles wird von dem Beschreiber der betreffenden Tiere auch heutzutage nicht bedacht! Trotz alledem glaubt Scheerpeltz doch gegen meine Auffassung auftreten zu müssen; er schreibt darüber: „So sehr man ihm [Strand] in vielen Dingen rechtgeben kann, und besonders in bezug auf alle Irrtümer, Schwindeleien u. s. w., die mit Typen vorkommen können, rechtgeben muss, ist es doch ganz ausgeschlossen, dass man nur auf die Beschreibung allein bauend, die Typen ganz vernachlässigend, einzig und allein die Beschreibung als Grundlage der systematischen Arbeit nehmen darf.“ Dass letzteres von mir auch gar nicht verlangt war, dass hier wiederum eine Verwechslung von Typenkult mit Typenberücksichtigung vorliegt, ist ihm garnicht einge-



fallen und ebenso wenig hat er daran gedacht, dass die Brauchbarkeit der Beschreibungen umgekehrt proportional mit der Verehrung der Typen ist! Die Möglichkeit, dass modernere Untersuchungsmethoden an den Typen Eigenschaften zutage fördern können, die dem Originalbeschreiber unbekannt bleiben mussten, habe ich nie bestritten und dieser Möglichkeit wird bei der Typenberücksichtigung auch ohne Typenkult genügend Rechnung getragen. Dann gibt Scheerpeltz zu, dass bei der Einsicht der Typen „die Abhängigkeit vom Wollen oder Nichtwollen des Besitzers der Typen die Arbeit ungemein erschweren kann“. Dann schreibt Prof. Scheerpeltz wie folgt: „Dass Herr Prof. E. Strand mit Recht die heute vielfach durchgeführte Typenvergleichung durch fremde, in dem Arbeitsgebiet nicht eingeweihte oder in das schmale und spezielle Arbeitsgebiet, zu dem die Typen oft gebraucht werden, nicht eingearbeitete dritte Personen geisselt und die Unmöglichkeit eines solchen Vorgehens und die daraus sich ergebenden Fehlerquellen dartut, ist nur ausserordentlich zu begrüßen!“

Charakteristisch für die Verteidiger des Typenkultes ist das Verhalten J. de Joannis, der in der „Lambillionea“, 1929, p. 34 sq. einen Artikel „Quelle importance faut-il attacher à l'examen des „types“?“ publiziert, ein Artikel, der zweifelsohne durch meinen kurz vorher ebenda erschienenen Artikel „A bas le culte des types!“ veranlasst war, trotzdem wird aber letzterer von Joannis mit keinem Wort erwähnt! Dass überhaupt jemand sich erdreistet hat die Unentbehrlichkeit der „Typen“ anzuzweifeln, das suchen die Typenverteidiger möglichst totzuschweigen und zu verheimlichen — und Joannis macht keine Ausnahme! Die Bedeutung der Typen sucht er nun nachzuweisen an einem Beispiel: Duponchel beschrieb 1843 eine *Coleophora badiipennella* und bildete sie auch ab. Nun hat Joannis in Duponchels seit 1843 erhaltene Sammlung eine *Coleophora*, die als *badiipennella* etikettiert sei, entdeckt, schliesst nun sofort, dass dies die Type zu *badiipennella* sei, trotzdem Duponchel den Begriff „Type“ überhaupt nicht kannte und gar keine Beweise vorliegen, dass dies Exemplar bei der Beschreibung von genannter Art vorgelegen hat. Das beste ist aber, dass dies Exemplar in einem besonders wichtigen und leicht erkennbaren Merkmal gar nicht mit Duponchels Beschreibung und Abbildung (die genau zu einander passen) übereinstimmt. Dabei muss Joannis selbst zugeben, dass dies sei „un cas vraiment exceptionnel“, weil Duponchel ein genauer und gewissenhafter Be-

schreiber war. Joannis erledigt die Sache mit der dreisten Behauptung, Duponchels Beschreibung und Abbildung entsprechen einer nicht-existierenden Art, und auf dieser Grundlage hat nun Joannis sich selbst als „Entdecker“ und die Typen als unentbehrlich „festgestellt“! Dabei muss er als alter Lepidopterolog selbst wissen, dass aus der Gruppe, wozu die Coleophoren gehören, immer noch aus Europa neue Arten entdeckt werden, so dass es daher auch gar nichts Unwahrscheinliches wäre, wenn die echte *badiipennella* seit Duponchels Zeit nicht wiedergefunden wäre; das wäre, wie jeder unvoreingenommener Sachverständiger sagen würde, sogar viel wahrscheinlicher, als dass Duponchel eine ganz falsche Beschreibung und Abbildung gegeben hätte! — In der Weise werden „Entdeckungen“ mittels „Typen“ gemacht!

Der dänische Entomolog E. B. Hoffmeyer gibt in Brief vom 26. X. 1929 zu, dass mit Typen Misbrauch getrieben werden kann, aber die Typenfixierung aufzugeben und sich nur an die Beschreibungen halten, sei nicht ratsam, weil die Beschreibungen veraltet und neue Artsmerkmale entdeckt werden können. Als Beispiel führt er einen Fall aus meiner Praxis an. Er schreibt, dass ich 1911 eine Reihe neuer *Podagrion*-Arten beschrieben habe, deren Beschreibungen im Vergleich mit gleichzeitigen und früheren Beschreibungen von Arten genannter Gattung musterhaft seien. Aber 1926 hat der Italiener Masi weitere neue Arten der Gattung *Podagrion* beschrieben und dabei als neues, bis dahin nie berücksichtigtes Merkmal die Struktur des Propodeum benutzt. Wenn man nun eine Monographie der ganzen Gattung *Podagrion* schreiben würde, wäre es, meint Hoffmeyer, doch wichtig die Typen vor sich zu haben, damit die Propodeum-Struktur in allen Fällen mitberücksichtigt werden könnte...

Diese Einwände basieren auf das Misverständnis, ich wolle die Typen ganz abschaffen!

Einige weitere briefliche Äusserungen:

„Sie haben ganz recht gehandelt, dass Sie den Typenschwindel... gebrandmarkt haben, denn ich bin auch der Meinung, dass in diesem Gebiete nicht alles auf geradem Wege geht.“

„Ich las unlängst Ihre Abhandlung über die Wertung der Typen. Ich bin vollkommen Ihrer Ansicht!! Was wird nach paar Jahren aus allen Typen sein?? Die grosse Schweinerei, welche auf Grund

von sogenannten Typen von Linné, Fabricius etc. z. B. in den Orthopteren getrieben wird, wo man jetzt fast alle Namen umgekehrt deuten muss! Diese Praxis ist wirklich unhaltbar.“

„Votre thèse est bien logique et bien établie... votre raisonnement est excellent.“

„Sicher treibt man mit den Typen oft Unfug; aber auch mit den Beschreibungen ohne Typen.“

„Dank auch für das beigelegte Separatum [„Typenkult“], es enthält viel Wahres.“

„Ich stehe in Bezug auf die Typen auch auf dem Standpunkt, dass man auch ohne Typen, aus der Beschreibung, das Tier genau erkennen muss.“

„Wenn in Ihren Ausführungen sicher auch viel Richtiges ist, so kann ich bezüglich der Wertschätzung der Typen doch nicht ganz Ihrer Meinung sein, weil sonst der Willkür Tür und Tor geöffnet sein würde.“ — [Die „Willkür“, wovon dieser Herr spricht, bezieht sich wohl auf die Deutung der Beschreibungen. Bei dieser Deutung kann sich aber die ganze Welt beteiligen, weil die Beschreibungen allen zugänglich sind oder gemacht werden können; die Gefahr der Willkür ist daher vielfach geringer, als bei der „Deutung“ der Typen, wo in den meisten Fällen ein einziger Mensch unkontrolliert die Deutung allein vornimmt — manchmal gerade so, wie es ihm passt! — ohne dass andere irgendwie die Möglichkeit haben, die Richtigkeit dieser Deutung zu kontrollieren!]

„Sie haben in allem absolut und vollkommen Recht! Es ist so und nicht anders. In der Folge werde ich auch nicht mehr angehen, wo die Typen sich befinden.“ Und nachträglich schrieb derselbe Herr, ich müsste meinen Typenartikel in mindestens 10 verschiedenen entomologischen Zeitschriften publizieren, sonst wird er nicht genug gelesen.

Diese Zitate als Proben mögen vorläufig genügen.

Da eine exakte Systematik die Grundlage aller biologischen Erkenntnis ist, die Systematik ohne Nomenklatur aber undenkbar ist, so hat die hier behandelte Frage Bedeutung für die gesamte Biologie.

- L i t e r a t u r: Strand, Schach dem Typenkult! In: Entomol. Nachrichtenblatt, II. p. 61—63 (Dezbr. 1928).
 — Down with the type-cult! In: Psyche, 36, p. 228—231 (1929).
 — A bas le culte des Types! In: Lambillionea. 1929. Nr. 2. p. 23—26.
 — Un important ouvrage nouveau sur les Acari par M. le Prof. Dr. A. C. Oudemans. I. c. 1929. Nr. 11, p. 133—136, und Nr. 12, p. 150—152.

Die Geschichte des Devons in Lettland

Teil IX der „Studien zur Ostbaltischen Geologie“*)

Von Prof. Dr. E. Kraus, Riga

Mit 34 Figuren.

Einleitung.

Eine Anzahl von Veröffentlichungen, die bereits 50—80 Jahre zurückliegen, hat die Grundlage für die Kenntnis des tieferen Untergrundes von Lettland vermittelt. Nachdem schon L. von Buch durch Bestimmung von Fossilien, die ihm zugeschickt worden waren, aus der Entfernung das Alter einigermaßen richtig erkannt hatte (1840), fanden die ausgedehnten Reisen von R. Murchison, E. de Verneuil und Graf Keyserling ihren Niederschlag in der „Geologie von Russland“. Sie enthält auch für Lettland manches wichtige, besonders in paläontologischer Hinsicht.

Solchen ersten Tastversuchen folgten die Einzelarbeiten. Die Grundlage für das Devon hat die Untersuchung R. Pacht's¹⁾ 1849 (gedruckt erst 1859) gebracht. Die Fischfauna des Altrotsandsteins fand nach Agassiz in Chr. Pander ihren Bearbeiter. Dann aber war es C. Grewingk, der auf Grund von 7 jährigen, sehr ausgedehnten Geländearbeiten in seiner Dissertation (1859) und später²⁾ durch

*) Teil I—IV im Korr.-Bl. des Naturforscher-Vereins. Riga 1927, Teil V—VIII, ebenda 1930.

¹⁾ R. Pacht, Der devonische Kalk in Livland, Archiv f. d. Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands. 1. Serie, II. Bd., Dorpat 1859. S. 249—298. 1 Tafel.

²⁾ C. Grewingk, Geologie von Liv- und Kurland, Dissertation, Dorpat 1859. Dsl. im Archiv f. Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands. 1. Serie, Bd. II, Dorpat 1861. Dsl. Erläuter. zur II. Ausgabe der geol. Karte von Liv-, Ehst- und Kurland, m. 1 Tafel. Ebenda, Bd. VIII, Dorpat 1879.

Veröffentlichung der in zwei verschiedenen Auflagen erschienenen geologischen Uebersichtskarte die erste Zusammenfassung des Devons von Livland und Kurland brachte. Wichtige Ergänzungen gleich darauf verdanken wir Baron Rosen.

Seitdem sind aber über das Devon von Lettland nur Einzelmitteilungen von C. Grewingk, Baron Toll und Br. Doss erschienen. Die im Auftrage der russischen Geologischen Komites für die geologische Karte von Russland ausgeführten Arbeiten Toll's haben wichtige neue Erfahrungen angebahnt, sind aber leider nicht bis zu einer vollen Erkenntnis der Stratigraphie vorgedrungen, die allein als Voraussetzung für die Geschichte und Paläogeographie eines Landes zu gelten hat. Vor weiteren Unternehmungen in dieser Richtung ist v. Toll auf einer Expedition verunglückt. Die wichtigen Devon-Arbeiten von Wenjukow und Tschernyschew haben Lettland nur gestreift.

Den Vorkriegsstand der Kenntnisse konnten A. und F. von Wahl 1911 in der „Baltischen Landeskunde“ umreißen. Eine zweite, auf Grund seiner eigenen und einiger anderer Studien durch H. Scupin nach dem Kriege bearbeitete Zusammenfassung liegt uns heute vor³⁾.

Seit Gründung des Geologisch-Paläontologischen Instituts der Universität Lettlands 1925 besteht in Riga ein Zentrum der Forschung namentlich auch für die Probleme der Devon-Geschichte. Die sehr zahlreichen, schon heute in dem neuen Museum der Geologie von Lettland zusammengetragenen Sammel-Objekte, die vielen, nach moderner Methode möglichst exakt aufgenommenen Profile ermöglichen schon heute zu sagen, dass uns die Geschichte der Devon-Formation in Lettland gut bekannt ist. Die Vorgänge während der zweimaligen Wüstenzeit und der dreimaligen Meeresüberflutung des Landes liegen uns heute klar, wenn auch gewiss in einzelnen Landesteilen noch recht viel wünschenswerte Einzelarbeit geleistet werden muss.

Die nachfolgende Stratigraphie, die ich zum ersten Mal in meiner Vorlesung „Geologie von Lettland“ 1929 vorgetragen habe, gibt den von uns heute erreichten Stand der Kenntnis.

Der Rückzug des Silurmeeres.

Dem Unterdevon geht im Ostbaltikum die Geschichte des Meeresrückzuges im Obersilur voraus. Die damals abgelagerten Oberoesel-

³⁾ H. Scupin, Ostbaltikum I., Gebr. Bornträger, Berlin 1928. S. 176—221.

schichten zeigen einen ziemlich bedeutenden Wechsel der Fazies. In Ihrer Abteilung K a) gab es schon keine einzige, sicher marine Form mehr, die bodenständig gewesen wäre.

Das alte rote Land im N hob sich, sodass nun entweder brakisches oder übersalziges Lagunenwasser die Meerestiere verdrängte. Auf salzreichere Sedimente verweisen die Solquellen von Arensburg, Pernau, mitunter Pseudomorphosen nach Steinsalz-Würfeln und das Auftreten von Rauhwanne, bzw. von aschenartigen Rückstandsgesteinen aufgelöster Salzsedimente im Innern des Kraters von Sall auf Oesel. Ebenso wie seine kleineren Nachbarn muss dieses Kraterloch auf einen kleinen Salzdom zurückgeführt werden, der, vielleicht während der letzten Eiszeit, aus salzführendem Horizont emporgedrückt und dann unter Erdfallbildung aufgelöst wurde.

Solche Zustände entsprechen jenen auf dem nordamerikanischen Kontinent, wo sich zu gleicher Zeit die salzreiche Salinan-Formation bildete.

Nachdem das Meer noch mehrfach aus SW bzw. SO Vorstöße über unser Gebiet unternommen und in wiederholtem Wechsel Riffe und Mergelschlicke gebildet hatte, musste es noch vor Silur-Ende endgültig zurückweichen. Wenigstens haben sich im Oslo-Gebiet in der Downton-Zeit nun mehrere hundert Meter mächtige, rote Sandsteinbänke mit einer nichtmarinen Eurypterus-Pterygotus-Fauna gebildet, welche der Fauna der Oberöselnschichten (unteres Ludlow) nicht mehr entspricht. Es ist wohl möglich mit Scupin anzunehmen (Ostb. I, 144), dass auch während dieses letzten, downtonischen Meeres-Rückzuges Sedimente mit viel Salz bei uns entstanden sind. Sie treten zwar an der heutigen Erdoberfläche nicht auf, sondern nur ev. unter der Ostsee. Aber sie konnten ihren Salzgehalt besser aufbewahren, weil ihrer Bildung eine lange, trockene Festlandsperiode folgte.

Nach der Zusammensetzung der unterdevonischen Fauna im Ural müssen wir den Rückzug des Silurmeers in östlicher Richtung annehmen. In dieser recht langen Kontinental-Zeit muss auch eine ausgedehnte Bodenbewegung erfolgt sein. Sehen wir doch die Silurschichten im Osten und im Norden sich entblößen. Die Abtragung entspricht einer Aufwölbung des Silurs im O und N des Ostbaltikums; und zwar muss diese Aufwölbung und die ihr folgende Abtragung schon vor der Mitteldevonzeit fertig gewesen sein, denn der Altrotsandstein dieser Zeit legte sich bereits schräg, diskordant, über diese Hori-

zonte hinweg. Mit den ältesten Silurschichten (Vaginatenkalk B3b an der Popowka bei Petersburg) kommt er im N und O in Kontakt, mit den jüngsten (K) im W und S. Vgl. beistehende Skizze Fig. 1.

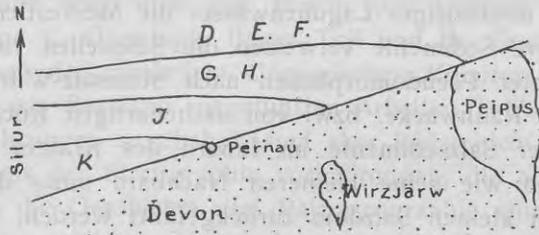


Fig. 1

Das Devon.

Das Devon in Lettland lässt folgende Schichtglieder erkennen (von oben nach unten):

	Uebereinanderliegende Faziesglieder	Mächtigkeit ungef.
Ober- Devon	g) Gipsführende Dolomit-Ton-Abteilung	über 50 m
	f) Oberer Altrotsandstein mit Ton	120 m
	e) Tonig-dolomitische Stufe oben mit Gipslager; unten sandiger Dolomit, <i>Holoptychius</i> , <i>Dipterus</i>	17—26 m
	d) Oberer Wasserfalldolomit mit <i>Platychisma</i> und <i>Natica kirchholmiensis</i> , <i>Spirifer archiaci</i> , <i>Productella</i> (im W)	4—11 m
Mittel- Devon	c) Helle Dolomitmergel- und Tonstufe mit Asche, in d. Tiefe Salz	
	2) Dolomit- (Cement) Mergel m. <i>Spirifer tentaculum</i> , <i>Phragmoceras</i>	3—7 m
	1) Graugrüner Ton mit Asche, ev. Gips	7,5—12 m
	b) Untere Dolomite und Fukoidenmergel m. <i>Spirifer anossofi</i> , <i>Rhynchonella livonica</i> , <i>Bothriolepis</i>	14—33 m
	4) Unterer Wasserfalldolomit, von oben nach unten mit:	

Mitteldevon	Atrypa reticularis, Orthis striatula, Pecten ingriae; Murchisonia u. a.	6—9 m
	3) Fucoidenmergel	1,5—2,5 m
	2) Gastropodenbank mit Murchisonia, Holo- pella, Euomphalus, Natica; Rhynchonella li- vonica, Dipterus	1,5—6,5 m
	1) Estherienmergel mit Asche und Dolomit- bänkchen. Estheria membranacea, Cyrtoceras	2—6 m
	a) Unterer Altrotsandstein und Ton, bunt, mit Asterolepis ornatus	
	4) Vorwiegend weiss mit Ton- und mitunter Karbonat-Lagen	10—25 m
	3) Südliche Sandsteinzone mit Tonbänken	} bis 200 m
	2) Nördliche Sandsteinzone mit Homosteus, Heterosteus	
	1) Basale Reliktzone	ca. 15 m
	Ungleichförmig auf Unter- und Obersilur.	

Ingesamt liegen küstennahe Warmwassersedimente des seichten Devonmeeres zwischen zwei überwiegend festländischen Altrotsandstein-Serien von je rd. 200 m Mächtigkeit. Wir haben zuerst den älteren, unteren Altrosandstein zu betrachten.

Der untere Altrotsandstein. (Baltischer Sandstein F. Frech).

Das Lagerungsverhältnis dieser ältesten Abteilung in Lettland zu ihrer silurischen Unterlage ist in Figur 1 ersichtlich. Figur 2 gibt eine Vorstellung von der Verbreitung des Sandsteins in Lettland, der nach NO als zusammenhängende Zone über die Gebiete südlich von Leningrad vom Ladoga- und Onegasee bis hinauf zum Weissen Meere zieht. Gegen SW und W verschwindet er unter jüngerer Bedeckung im nördlichen Nordostdeutschland, bzw. unter der Ostsee. Nur diluviale Geschiebe, die bis nach Schleswig-Holstein hin nachgewiesen sind (Haack), zeigen diese Fortsetzung bis in das kaledonische Faltengebiet von Norwegen und Schottland an.

Landschaftlich ist das Sandsteingebiet, soweit es nicht von mächtigem Diluvium verhüllt wird, sehr charakteristisch. Der lockere Sandstein bot der Abtragung, besonders auch durch das strömende,

diluviale Inlandeis, wenig Widerstand. Darum haben sich in den grossen, durch junge Tektonik vorgebildeten Mulden des Sandsteingebietes die Eismassen breit und tief eingraben können. Die Lage der breiten Wannen des Riga'schen Meerbusens, des Wirzjärw und des Peipus-Sees gerade im Ausstrichbereich des Sandsteins hängt auch mit diesen Vorgängen zusammen. Im Norden sind die grossen Senken begrenzt durch die darunter hervorkommende, harte Silurkalkplatte, im Süden durch die darüber folgende harte Dolomitplatte des Mitteldevons.

Die Täler haben sich im roten Gestein mit tiefen, oft steilen Gehängen ausgebildet, denn der Sandstein lässt das Wasser versickern und nicht oberflächlich abfliessen. Erst wenn eine wasserstauende Tonschicht kommt, so muss das Wasser auf ihr in Quell-Reihen austreten. Am Quellaustritt gibt es Rutschungen, Unterspülungen: dadurch versteilt sich das Gehänge über der Quelle. Dagegen wird es unter ihr, im Bereich dickerer Tonschichten, flacher und sehr beweglich. Ueberall stellen sich im Tongebiet Rutschungen ein. Jene unter der Ruine des Segewolder Schlosses und jene ihr gegenüber unter dem Sanatorium an dem tiefen Tal der livländischen Aa sind charakteristische Beispiele.

Dort, wo das Wasser des Tales den Schutt der Gehänge fortnehmen kann, bilden sich schöne, steilfelsige Ufer, wie etwa an der Teufelhöhle unterhalb Segewold oder an der Amat.

Das Auftreten von grösseren Spalten im Sandstein erleichtert die Zirkulation des Wassers. Dabei werden aber die Spalten durch Lockerung und Sandabspülung erweitert, und wenn sich gegen den Austritt einer Quelle hin reichlicher Wasser auf Spalten sammelt, so entstehen auf diese Weise Kluft-Höhlungen. Mitunter stürzen Wandteile herab. Das Grundwasser nimmt die dadurch gelockerten Sandmassen fort, noch grössere Abstürze folgen, und so kann sich an günstigen Stellen mitunter eine recht beträchtliche Höhle entwickeln. Die Anfänge von solchen sehen wir etwa an der Marienhöhle zwischen Rönnen und Zabeln, an der Rabenhöhle bei Segewold. Fortgeschrittenere Bildungen zeigt die Teufelhöhle, Gutmannshöhle an der Livl. Aa, die Vintergravas-Höhle bei Wenden, die viele 100 m lange Höhle nördl. bei Goldingen, die jedoch wohl künstlich vergössert worden ist. Stürzt sehr viel Sandstein vom Höhlendach herab, so braucht die Quelle sehr lange Zeit, um sich wieder durch den Schutt zu arbeiten und ihn zu beseitigen. Das Maximum

einer Höhle ist erreicht, wenn von dem lockeren Gestein mehr herabfällt als das Grundwasser beseitigen kann. Dieses wird dann verschüttet und an der Stelle einer grossen Höhle gibt es nur noch eine grössere, in sich zerfallene Schuttpartie, nach oben begrenzt durch wenige Klüfterweiterungen. Quartäre Tierreste sind in den Höhlen nie gefunden worden.

Die buntfarbigen, bräunlich-roten, weissen, auch grünlichen Wände sanden leicht ab, denn das Bindemittel des weit überwiegend aus kantenrunden Quarzkörnchen bestehenden Sandes ist nur ein sehr dünner Körnchen-Ueberzug von Roteisen und Ton. Das Bindemittel ist je nach den Schichten und auch sonst partienweise sehr wechselnd verteilt. Es wird z. B. an der unteren Salis durch karbonatische Infiltration verstärkt. Solche Sandsteinpartien wittern grossrundlich, Brotlaib-förmig aus und sind härter.

Mitunter gibt es, besonders in feinerkörnigem Sandstein, ziemlich viel beigemischten Ton. Seltener sind kieselige Konkretionen, die sich meist reihenförmig anordnen.

Die Quarzkörner haben meistens die Durchschnittsgrösse von 0,2—0,4 mm. Doch werden sie in manchen Schichten auch gröber und es stellen sich kleine bis hasel- und Walnuss-grosse Quarz-, auch Quarzitgerölle ein (bei Dorpat einzelne Granitstückchen).

Ziemlich reichlich gibt es, auch in Zwischenlagen angesammelt, Feldspat (Orthoklas) und Glimmer (weiss und schwarz), deren Zersetzungszustand sehr verschieden sein kann. An sonstigen, viel selteneren Sandmineralien sind beobachtet: Hornblende, Oligoklas u. a.

Zwischen den Sandstein schalten sich, besonders gegen oben, bei Dorpat noch mehr in der unteren Hälfte, Bänke von rotem und buntem „Ton“ ein. Er ist oft fett, öfter auch sandig, mit glimmerreichen Lagen. Chemisch fällt ein hoher Gehalt von K_2O auf; bis über 4,6% kann er ansteigen (Wityn 1924). Genau das gleiche zeigen die „Tone“ des Buntsandsteins. In verd. HCl ist viel Al löslich.

Nich selten ist aber der Ton sehr mager, ein dolomitischer Mergel. Analysen (C. Schmidt⁴⁾, 1856, 483) ergeben z. B.

Dolomit 25—80%, zersetzten Feldspat 1—18%, Mineraltrümmer von Feldspat, Glimmer, Hornblende 16—44%, Quarz 2—16%. Der sehr schwankende Dolomitgehalt ist wohl authigener Bestandteil

⁴⁾ C. Schmidt, Über die devonischen Dolomittone der Umgegend Dorpats, Archiv f. Naturk. Liv-, Est- u. Kurlands. I. Serie, 1. Bd. XI. S. 481—486.

des Sediments. Der Gehalt an allothigenen, unzersetzten Silikaten ist ausserordentlich hoch, was auf vorherrschend mechanisch und nicht so sehr chemisch aufbereitendes Klima, bzw. auch auf geringere Umlagerungs-Entfernungen hinweisen kann.

Die Tonbänke schwanken recht schnell in ihrer Mächtigkeit von wenigen Zentimetern bis mehreren Metern, erreichen öfter mehr als 10 m Dicke. Nur die mächtigeren sind über grössere Strecken zu verfolgen. Kurze, dünne Linsen erscheinen häufig.

Ebenso wie die Schichtflächen des Sandsteins sind auch jene der Tonbänke meist nicht ganz horizontal, sondern sie heben und senken sich mit schwachen Winkeln in verschiedener Richtung. Neigungen von 5—10° werden mitunter beobachtet. Steilere Durchschnitts-Neigungen und viel rascheren Wechsel in übereinander liegenden Schichten zeigt der Sandstein. In ihm ist die diskordante Schichtung (Kreuz- und Schrägschichtung) das normale. Echte „Diagonalschichtung“ (Doss 1895) ist oft zu sehen. Das Oberflächenrelief des wachsenden Sediments muss sich daher rasch verändert haben und war meist recht uneben.

Recht oft werden die Sandstein- und Tonprofile von weitaushaltenden Zerstörungs-Horizonten schräg durchschnitten. Auf ihnen ist das Durchschnittsbild der Diskordanzen insofern verändert als eine mehr chaotische Wildbachaufschüttung über flachgeneigte Oberflächen des Sediments hinweggreift. Schon von weitem sind diese Zonen gut durch die Anhäufung kleinerer und grösserer Ton- bzw. Dolomitmergel-Gerölle und eckiger Tonstücke zu erkennen. Die gerollten und ungerollten Stücke liegen meist sehr unordentlich, kreuz und quer. Wenjukow hat solche Bänke von Nordrussland beschrieben. Wir schliessen auf sehr kräftig fliessendes Wasser, welches die unebenen Oberflächen abspülte, vorhandene und schon ziemlich verfestigte Ton- und Dolomitmergellagen zerriss, und die bis über 1 m lang werdenden Trümmer schliesslich wieder ablagerte. Anderswo gibt es Schwärme von schön eiförmig gerundeten Tongeröllen im Sand.

Diese Ueberflutungs-Horizonte sind noch dadurch bemerkenswert, dass man gerade auf ihnen die Stücke von Panzerfischen in grösserer Menge und fast immer in wirrem Durcheinander antrifft. Das hat man sich offenbar so zu denken: Hochwasser überflutete eine trockene Landoberfläche. In ganz flachen, grösseren oder kleineren Wasserbecken hatte sich vorher Tonschlamm aus wenig zursetztem Silikat-Detritus, hatten sich die Leichen und Einzel-Panzerstücke der Bewoh-

ner dieser Seichtwasserbecken gesammelt. Nun reisst ein Wolkenbruch den lockeren, flachen Stauwall des Beckens aus Sand nieder. Das Wasser, soweit es noch im Becken war, entleert sich, die Fluten zerreißen die tonigen Sedimente und durchfurchen sie. Der Ton-schlamm und Sand wird im Wasser weit fortgetragen; Tonstücke werden abgerollt. Das schwerste, die Gerölle und mit ihnen die ausgespülten Stücke der Panzerfische, gelangt zusammen in Wildbachbetten zum Absatz. Das ergibt Bilder, wie wir sie z. B. schön bei Wenden beobachtet haben.

Horizonte ähnlicher Art sind auch vom Ufer des Peipus und von NW-Russland wohl bekannt.

Mitunter sieht man tiefere und steilere Einschnitte im Sediment. Mit steilem Winkel greifen die Böschungen der Talrisse jener Wasserfluten ältere Horizonte an und neue, ähnliche Gesteine werden in die alte Rinne diskordant eingelagert. Rutschungsvorgänge, wohl nicht tektonisch zu deutende Störungen verstärken das mitunter.

Genetisch bedeutungsvoll ist auch die Beobachtung, dass die Sandlager i. a. sehr sauber und tonfrei sind. Uebergänge von mittelkörnigem über feinen Sand zu sandigem, schliesslich fettem Ton-schlamm kann man im Gegensatz zu normalen Wassersedimenten eigentlich nirgends beobachten. Nur randlich gibt es gewisse Beimischungen von mittelkörnigem Sand in Ton. Aber i. a. sind die Tonlager meist ebenso scharf von dem umgebenden Sande abgegrenzt wie die Tongerölle. Es ist dem zu entnehmen, dass die Sand- und die Tonlager nicht dem gleichen Bildungsakt ihre Entstehung verdanken.

Fossilinhalt, Alter und Gliederung.

Scupin führte 1928, S. 185/186 nach bisherigen Bestimmungen und den im geologischen Institut der Dorpater Universität liegenden Funden folgende Liste von Fossilien des Altrotsandsteins an:

- † Psammosteus imperfectus Preobraschenski
- „ „ undulatus Ag.
- „ „ heterolepis Preobr.
- Pycnosteus palaeformis Preobr.
- Diptychosteus tessellatus Preobr.
- † Asterolepis ornatus Eichw.

- † *Dipterus radiatus* Eichw.
- † *Coccosteus decipiens* Ag.
- † *Heterosteus secundarius* Assmuss
- „ *eurynotus* Assmuss
- „ *convexus* Ag.
- „ *hoeckii* Assmuss
- „ *gracilior* Assmuss
- † *Homosteus cataphractus* Assmuss
- „ *anceps* Assmuss
- † *Denrodus biporcatus* Ag.
- Gyroptychius angustus* M' Coy
- † *Cricodus*?
- † *Osteolepis* sp.
- † *Estheria membranacea* Pacht spec.
- † *Lingula bicarinata* Kut.

Landpflanzen:

- Aulacophycus sulcatus* Eichw. (wohl ein Wurzelstock)
- Drepanophycus spinaeformis* Grew.

Von dieser Fauna wurden bisher in Lettland gefunden die oben mit Kreuz bezeichneten Gattungen bzw. Arten.

Ausserdem konnten aus dem Material des geologischen Instituts der Universität Riga bestimmt werden: *Onchus*, *Dipterus* (Typus a) mit plumpen, Typus b) im N mit grossen, feinen, Typus c) im S, mit kleinen Zähnen), *Glyptolepis*, verschiedene Koprolithen.

Am häufigsten von allen sind die braunen, gekörnelten Panzerplatten von *Asterolepis ornatus*; dann auch die glatteren, meist helleren Fragmente von *Coccosteus*, die mit Körnelstreifen versehenen Stücke von *Dipterus*, die spitzen *Dendrodus*-Zähne.

Bemerkenswerter Weise werden zwar die meisten der hier genannten Formen auch zusammen mit echt marinen Tierresten in anderen Sedimenten gefunden; aber es sind noch durchweg keine als typisch marin anzusprechenden Tiere. Marintypen gibt es im Altrotsandstein Lettlands nicht.

Dem Alter nach gehört die Fauna überwiegend ins mittlere Old Red von Schottland. Die *Pteraspis*-*Cephalaspis*-Typen des Unter-Old Red fehlen, die bezeichnenden Mittel-Old Red-Gattungen *Dipterus*, *Osteolepis*, *Coccosteus* sind vertreten. Es ergibt sich, dass die Hauptmasse unseres Altrotsandsteins mitteldevonisch ist.

Vorläufige Uebersicht der Verteilung der Fische im Devon von Lettland
(zusammengestellt von N. Delle 1929)

	a				b			c	d	e		f
	1	2	3	4	1	2-4	1			2-3		
Asterolepis ornatus Eichw.	+	+	+		+							
Homosteus		+	+									
Heterosteus		+										
Psammosteus		+	+									
Bothriolepis					+					+		
Coccosteus		+	+									+
Ptyctodus					+				+			
Dipterus Typ. A	+											
Dipterus Typ. B				+	+							
Dipterus Typ. C					+				+			
Cricodus		+	+									
„Dendrodus biporcatus Ag.“		+	+									
Glyptolepis		+	+									
Osteolepis		+	+									
Holoptychius	+	+								+		
Onchus	+	+	+									
Cheirodus												+

In beistehender Tabelle erweisen sich die Formen nicht gleichmässig verteilt. Die grossen Gattungen Homosteus und Heterosteus wurden z. B. nur in den nördlichen (tieferen) Teilen des Sandsteins (Dondangen, Livland, so auch in Dorpat) aufgefunden. Dadurch lässt sich eine tiefere, in N liegende Sandsteinabteilung von einer höheren im S wohl unterscheiden. Ausserdem kann man noch eine tiefste und eine oberste Abteilung ausscheiden.

Der Altrotsandstein beginnt mit Absätzen, welche, reliktiert auf dem südlichsten Silur liegend, von der Erosion da und dort noch verschont geblieben sind. Petrographisch zeigen diese Bänke vielfach gewisse Übergänge.

So beschrieb C. Grewingk 1859 (Diss., S. 18) 2—3 m mächtige Übergangsbänke als Serie von Sanddolomit, Dolomitsand, Pyrit-führendem Ton und Tonmergel. In dem letzteren steckt noch eine ober-silurische Marinfaua. Darüber folgt bei Torgel tonreicherer Gestein

mit *Aulacophycus sulcatus* und *Asterolepis*, schliesslich lockerer Sandstein mit *Asterolepis* allein.

Die bis etwa 15 m mächtige „Reliktzone“ liegt aber über recht verschiedenen Horizonten des Ober- und Untersilurs. Schon hieraus ergibt sich, dass der petrographische Übergang nach unten nicht durch ununterbrochenen Absatz bis hinein ins Unterdevon (Annahme Grewingk), sondern durch Umlagerung erklärt werden muss. Das bestätigt das Alter der Fischfauna im Sandstein.

Andererseits ist auch der oberste Altrotsandstein petrographisch ganz gut ausgezeichnet und abzutrennen. Er besteht aus weissen Sandsteinen mit nur wenigen dünnen Tonlagen. Diesen Sandstein, welche z. B. die grosse Höhle von Wenden umschliesst, erscheint immer wieder an der Basis der Dolomit-Abteilung.

Wie weit hier und in der Reliktzone gleichartige und nicht etwa nur faziesgleiche Bildungen vorliegen, kann mangels von Fossilien nicht gesagt werden. Auch ist über das absolute Alter dieser Grenz-zonen noch nichts Näheres bekannt. Wir können aber an dem schon oben gegebenen Gliederungsschema sehr wohl festhalten.

Die Gesamtmächtigkeit des Altrotsandsteins wird auf 250—300 m angegeben. Sie wurde noch nie vollständig durchbohrt. Wegen des Mangels an Leithorizonten und wegen der tektonischen Verbiegungen ist die Zahl, die wahrscheinlich für die einzelnen Gegenden beträchtlich schwankt, nicht näher festzulegen. In der Bohrung von Wolmar hat man kürzlich wahrscheinlich das Silur erreicht; es ist aber nicht näher anzugeben, wie tief der Ansatz des Bohrloches unter der Sandsteinoberkante lag. Auch in Dorpat hat man, unter 135 m Sandstein, graue Dolomite und Mergel des Silurs erbohrt. Doch ist auch hier nicht bekannt, wieviel Meter Sandstein einst zwischen der Ansatzhöhe der Bohrung und der mitteldevonischen Dolomit-Unterkante lagen.

Palaeogeographie des Altrotsandsteins.

Bereits 1925 habe ich ausgeführt, dass die grosse Ähnlichkeit zwischen den Ablagerungen des Altrotsandsteins und des germanischen Buntsandsteins, auf deren ähnlicher, und zwar nicht etwa mariner, sondern kontinentaler Entstehung beruhe. Andere, wie Fr. Frech und H. Scupin haben vorher und nachher die gleichen Gesichtspunkte entgegen der Auffassung recht vieler Geologen, u. a. auch Grewingk's

und Doss's für Lettland, betont. An sedimentpetrographischen und paläontologischen Tatsachen sind die folgenden für die richtige Rekonstruktion des paläogeographisch-genetischen Bildes massgebend.

1. Sedimentpetrographische Beobachtungen.

a) Das Material. Genau wie der bunte Trias-Sandstein besteht auch der mitteldevonische Sandstein weit überwiegend aus kantenbestossenen Quarzsandkörnchen. So grosse Ansammlungen fast von reinem Quarz werden meist als Endergebnis wiederholter Umlagerungs-Vorgänge in den bekannten Restschottern oder Restsand¹⁾ beobachtet. Aus welchem Ursprungsgestein mögen diese Sande im Lauf der Zeit isoliert worden sein?

Es kommen in Frage: die quarzsandreichen Sandsteine des Unterkambriums und Ingridiums, auch des algonkischen jotnischen Sandsteins — sofern dieser damals noch nicht so fest verkittet war als heute; ausserdem die weit überwiegend quarzsandreichen Granite, Gneise usw. des finnischen Grundgebirges. Stärkere Zufuhr aus dem viel weiter entfernten podolischen Massiv im Süden ist unwahrscheinlich. Freilich werden auch die Heimat-Gebiete des Sandes im Norden zur Devonzeit noch weiter entfernt gelegen haben. Denn die Silurkalkplatte über ihnen muss noch weiter nach Norden ausgedehnt gewesen sein. Folglich sind bedeutende Wanderwege zurückgelegt worden. Sie verlängern sich noch durch die ohne Zweifel sehr grossen Umwege und Wiederumlagerungen des lockeren Materials. Darum konnten auch nur recht wenig gröbere und nur die widerstandsfähigsten, quarzitären Geröllchen übrigbleiben.

Was das feinere Material betrifft, so scheint dies grösseren Wanderwegen zu widersprechen. Denn hier zeigt die chemische Analyse ein auffallendes Überwiegen von feinen und feinsten Silikat-körnchen, namentlich von Feldspat. Und zwar sind diese zum grossen Teil wenig zerstört. Auch liegt ein recht bedeutender Zuschuss an Dolomit vor, und der Gehalt an K_2O ist sehr beträchtlich, bis über $4\frac{1}{2}\%$. Warum sind bei chemisch intensiv verwittertem Klima diese Reste nicht zerstört und abtransportiert worden? Können in diesem Fall überhaupt weitere Wanderwege und Umlagerungen angenommen werden?

¹⁾ E. Kraus, Geologie des Geb. zw. Ortenburg und Vilshofen in Niederbayern an d. Donau, Geognost. Jahresh. München 1915, S. 138. Dsl. „Lothringen“ Gebr. Bornträger. 1925, S. 38.

Die Menge des silikatischen Fein-Detritus kann seine Erklärung darin finden, dass ihn das herrschende Klima rasch in so geringe Korngrößen mechanisch überführte, dass sie nur noch wenig durch langdauernde chemische Zersetzung in situ, höchstens durch mechanische Eingriffe, umgelagert wurden. Ein solches Vorherrschen mechanischer Zerkleinerung und Umlagerung kennen wir nur aus den kalt- oder heiss-ariden Gebieten; aber nicht aus den humiden, in denen eine kräftige Vegetation für sehr langdauernde und starke chemische Verwitterung in situ sorgt. Wegen des Fehlens irgendwelcher auf Eis hindeutender Erscheinungen und aus anderen Gründen kann bekanntlich nur heiss-arides Klima in Frage kommen. Ganz das gleiche gilt ja auch für die Erklärung der Arkosen des Rotliegenden und des Buntsandsteins. Humides Klima, das die Silikate zersetzt und die Salze abführt, scheidet aus.

Der Feindetritus sammelte sich in warmariden Gegenden in den Senken, wo er im Gefolge gelegentlich mächtig anschwellender Regengüsse weitergeschoben und in ephemeren Wasserbecken abgelagert wurde. In dem oft austrocknenden „Ton“-Schlamm, richtiger Silikat-Feinschlamm, führt u. a. hohe Temperatur zur Bildung von roten Eisenoxyd- und löslichen Aluminium-Verbindungen, zu einer gewissen Mobilisierung der Kieselsäure und zum Freiwerden grösserer Salzengen, die auch von der Umgebung herankommen. Aus den Salzen wird K_2O durch die koloidalen Körper weitgehend absorbiert, also am Weiterwandern verhindert. Unzerstörte Kali-Silikate zusammen mit diesen Absorptions-Komplexen erklären uns die überraschende Ansammlung von K_2O .

Aber auch die anderen Salze können nicht sehr weit wandern und nur gelegentlich ins Grundwasser gehen. In der Hauptsache werden auch sie zunächst festgehalten. Es bilden sich nahe der Erdoberfläche Ausscheidungen und Ausblühungen von Kochsalz, Gips, verschiedenen Karbonaten, Kieselsäure u. a. Noch heute finden wir die Reste der Steinsalzwürfel, Kieselkonkretionen, ähnlich den Karneolausscheidungen im Rotliegenden. Hat sich gelegentlich der Wind des Fein-Materials bemächtigt, so wanderte es bis zur Festlegung im nächsten Wasserbecken; aber es wurde dabei nicht weiter verändert. Dagegen nahm das gröbere Material in diesen wüstenartigen Gebieten immer mehr die Uniform des Aufbereitungsrestes an. Es flog nicht durch die Luft, sondern rieb sich aneinander, bis alles weniger feste dem Feindetritus zugeordnet war; der Quarzrest blieb. Erhalten konnte im übrigen nur werden, was sich immer neu bildete

und sich wohl auch noch während der endgültigen Einbettung ausschied. Wir haben hierzu besonders die sehr dünnen Überzüge von rotfärbendem Eisenoxyd zu rechnen.

Was man nun heute als Endergebnis im Sediment vorfindet, das ist des leichter Löslichen in der Hauptsache längst beraubt. Feuchter wurde das Klima an der Erdoberfläche; Klüfte und Spalten entstanden durch Gebirgsdruck. So konnte Grundwasser eindringen und sich mit dem Löslichen sättigen. Relief- und Faltenbildung sorgten in junger Zeit für die Entwicklung artesischen Auftriebes, und aus Salzquellen ergoss sich der ehemalige Salzgehalt in das Flussnetz. Das Gestein ist noch nicht völlig entsalzt. Bei tieferen Bohrungen lässt sich noch oft Salz-Imprägnation nachweisen (Br. Doss). Von den in tiefstgelegenen Schichten noch vorhandenen Salz mengen berichten uns die heutigen Salzquellen⁶⁾ und berichten uns die Analysen von allen tieferen Bohrungen in Lettland⁷⁾. Im übrigen blieb nur das weniger leicht Lösliche im Gestein: das Eisenoxyd, der Dolomit, die Kieselsäure; vom Kochsalz nur die würfelförmigen Pseudomorphosen.

Schon die Betrachtung des Gesteins-Materials führt uns also notwendig zu dem Schluss, dass der Altrotsandstein eine heiss-aride Festlandabbildung sein muss.

b) Die Anordnung des Materials. Gleiches gilt von der Verteilung der Komponenten. Schon die grosse, mehrere 100 m betragende Mächtigkeit und die bedeutende Ausdehnung der Sandmassen ist in einem kontinentalen Gebiet mit Recht als gutes Argument für festländische, nichtmarine Entstehung angeführt worden. Verschiebt sich ein Meeresstrand gegen das Festland, so wird Strand sand an jedem einzelnen Punkt nur relativ kurze Zeit und in verhältnismässig geringer Menge angehäuft. Senkt sich gleichzeitig der Boden, sodass er mehr Sediment erhalten kann, so bewegt sich der sandliefernde Strand um so schneller landeinwärts. Keinesfalls können also Sandmassen von solcher Dicke und Ausdehnung im Meere entstehen, auch nicht durch Kombination von Deltas.

Weiter ist das sehr schwache Bindemittel, das oft sogar völlig fehlt, für arides Windsediment durchaus bezeichnend. Die Diagenese lässt unter Wasser fast immer Zement entstehen, der auch durch später

⁶⁾ O. v. Linstow, Die im Mitteldevon auftretenden Mineralquellen am Westrand der Russisch-Galizischen Tafel, Archiv f. Lagerstättenforschung. Heft 42, Berlin 1929. Salzquellen wohl auch in der Kurischen Aa.

⁷⁾ J. Kupzis, Die Salzwässer Lettlands, Latvijas Farm. Žurnāls, 1929.

zirkulierendes Grundwasser nicht mehr allzu leicht aufgelöst werden kann. Dagegen wird der Dünensand im besten Fall diagenetisch durch die Menge der verfügbaren, leicht löslichen Salze verkittet, die später zum grössten Teil wieder aufgelöst werden .

Dann ist sehr bezeichnend die Schärfe der Abgrenzung zwischen Sand und Ton im Sediment. Wir hörten schon oben, dass sich hierin der Unterschied zweier verschiedener Sedimentationsmedien ausdrückt. Nur der Sand ist Windsediment. Das rasche Auskeilen oft ziemlich mächtiger „Ton“Bänke beweist gleichfalls, dass oft keine ausgedehnten, sondern nur kleine Wasserbecken vorhanden gewesen sind.

An Wellenfurchen hat sich im Altrotsandstein nur wenig finden lassen. Das nimmt nicht weiter Wunder, ist doch das Sediment so locker, dass man nur sehr selten Schichtflächen zu Gesicht bekommt. Weder die Wellenfurchen noch die Schichtungsart haben uns bisher Merkmale gezeigt, die für Wind- oder Wasser-Entstehung typisch sein könnten. Wenn im Gegensatz zum deutschen Buntsandstein Windkanter noch nicht in Lettland gefunden wurden, so ist auch das leicht verständlich. Es fehlen ja die grösseren Gesteinsstücke ganz.

Die Bedeutung der Aufarbeitungs-Horizonte wurde schon S. 108 besprochen. Es wäre unmöglich sie zu verstehen, wenn ausgedehnte Dauer-Wasserflächen im Sedimentationsraum vorgelegen hätten. Die Tongerölle sind vielfach viel zu umfangreich, als dass sie in einem solchen hätten weitertransportiert werden können. Sie beweisen eine subaërische Erosion, die so stark war, dass Tonbänke zerrissen wurden und Wasserströme auch über nicht unbedeutend geneigte Flächen abtransportierend wegfegen konnten. Denn diese Tonstück-Horizonte sieht man öfter einheitlich über grössere Entfernungen einfallen, ohne dass etwa tektonische Vorgänge im Spiel sein könnten. Ebenso wenig wären in ruhigen, weiten Wasserbecken Bilder von scharf eingeschnittenen Wasserrissen erklärlich, wie sie z. B. N. Delle beschreiben wird. Das alles spricht gegen die Möglichkeit einer Erklärung durch brandende Flachmeerwellen an Flachküsten. Das notwendig anzunehmende, ausgeprägte Relief wäre im Meeresbereich ausgeschlossen. Wir müssen immer die Existenz kupierter Landformen annehmen, geschaffen durch Kräfte des Landes.

⁸⁾ L. von zur Mühlen, „Der geolog. Aufbau Dorpats und seiner nächsten Umgebungen“. Sitz.-Ber. Naturf.-Ges. b. Unvers. Dorpat 21, S. 23, 1912.

2. Paläontologische Beobachtungen

weisen in die gleiche Richtung. Man kann gewiss sagen, dass die massiven und schwer auflösbaren Panzerstücke der devonischen Fische besser erhalten bleiben konnten als alle kalkigen Schalen von marinen Mollusken. Aber so lange und eifrig man auch schon in den vielen Jahrzehnten nach Fossilien forschte: nie hat sich ein unzweifelhaft mariner Tierrest im Altrotsandstein entdecken lassen. Man hätte doch wenigstens Steinkerne und Abdrücke finden müssen wie etwa im Quadersandstein Sachsens und Schlesiens .

Die Estherien gehören zu jener Schar von Muschelkrebse, die sich immer dann einstellen, wenn sich entweder brakische oder übersalzene Wasserbecken entwickeln. Die *Lingula* ist gewiss nicht selten in Gesellschaft echtmariner Tiere zu finden. Aber wir wissen auch, dass sie beispielsweise als fast einziger Pionier in den salzigen Lagunen, z. B. der Anhydritgruppe, im germanischen Mittel-Muschelkalk, auftritt, höchstens von gewissen Schnecken in kleinen Kümmerformen begleitet. Und wir schliessen aus der Tatsache, dass *Lingula* als eine der wenigen Gattungen vom Kambrium bis heute ausgehalten hat, auf deren ganz besonders hohe Anpassungs-Fähigkeit.

Bleiben noch die Fische. Sie haben recht verschiedene Deutung erfahren. Ihre abenteuerliche Gestalt hat in ihnen Tiefseefische vermuten lassen. Das gelegentliche Zusammenvorkommen mit Fauna des Flachmeeres schien anderen zu genügen sie für Flachmeerbewohner zu halten; entweder als Nektos- oder als Bodentiere. Aber warum lebten dann die meisten dieser Tiere ganz isoliert ohne ihre zoomarine Umgebung? Gelegentliche Besuche oder passives Einschwemmen können ohne weiteres das Auftreten dieser Fischreste auch im Flachmeer erklären. Beispiele für sehr euryhaline Fische kennen wir ja auch genügend aus der Jetztzeit.

Scheiden wir jene Formen aus der Erörterung aus, welche in der heutigen Tierwelt keine Verwandte mehr besitzen. Dann bleibt die recht häufige Gattung *Dipterus*. Dieser Lungenfisch gehört mit *Ceratodus* und *Neoceratodus* zu den Dipnoern mit ihrer eigenartig amphibischen Organisation. *Neoceratodus* wohnt in der australischer Wüste und nützt in den hier nicht selten weit ausgedehnten Wüstenseen bei sehr geringer Konkurrenz die erreichbare organische Nahrung aus. Weil diese Wüstenseen öfter bis auf kleine Reste eintrocknen, muss

er in diesem Lebensraum fähig sein auch solche Zeiten der Dürre zu überstehen. Im feuchten Sand vergraben mit der Möglichkeit der Luftatmung ist er dazu ausgerüstet (Trockenstarre).

Diese Doppel-Anpassung an zwei Medien des Lebens haben die Angehörigen verschiedener phylogenetischer Reihen erworben. Aber deren Anpassungs-Formen sind so ausgeprägt, dass man nicht annehmen kann nahe verwandte Typen entsprechender Ausbildung hätten früher eine ganz abweichende Lebensweise gehabt.

So lässt sich auch aus dem Zusammenvorkommen mit Dipterus auf die Lebensumstände der übrigen Fische des Altrotsandsteins schliessen. Die bei ihnen vielfach so ausgeprägte Panzerung dürfte für die amphibische Lebensweise ebensolche Bedeutung gehabt haben wie die Panzerbildung bei den Stegocephalen und bei so zahlreichen Reptilien. Auch im germanischen Buntsandstein hat man ja gelegentlich grössere Stegocephalen mit gepanzertem Schädel in Menge gefunden.

Primär in Sandstein eingebettet konnte ms. Ws. bisher kein Tierrest im Ostbaltikum ausgegraben werden. Solche kommen entweder im Ton vor oder in isolierten Fragmenten aus diesem ausgespült und konzentriert in Tonstückhorizonten; auch liegen einzelne Bruchstücke verstreut im Sandstein. Man sieht hieraus, dass die (äolische) Häufung des Sandes nichts zu tun hat mit den Orten der Wasserbedeckung, welche die Tiere im Leben und als Leichen bei der Einbettung eingenommen haben.

Ergebnis.

Fügen wir somit die paläontologischen zu den allgemeingeologischen Erfahrungen, so ergibt sich in vollster Übereinstimmung der Schluss, dass der Altrotsandstein auf dem festen Lande Nordeuropas unter warm-ariden Klimabedingungen abgelagert wurde. Starke, besonders plötzlich einsetzende, wenn auch nicht häufige Regengüsse, die ja zum Bild der Wüste gehören, haben ausgereicht, um das Leben der Fische zu garantieren. Aber für ein normal-limnisches oder gar marines Leben waren die Voraussetzungen nicht gegeben.

Zum gleichen Ergebnis führte auch die Tatsache, dass der Altrotsandstein erst kommt nachdem das Silurmeer alle unverkennbaren Anzeichen seines Rückzuges ausgebildet hatte, und nachdem anschliessend

eine beträchtliche Diskordanz und zeitliche Lücke den Eintritt der Festlandszeit erkennen liess. Zur selben Folgerung führt uns der a. a. O. auszuführende Vergleich mit dem mittleren, germanischen Buntsandstein.

Der Altrotsandstein ist das typische Sediment des „Old red sandstone“ — Kontinents von Nordeuropa. Wie sich das Gebirgsgerüst der jungpaläozoischen Varisziden unter aridem Klima umhüllte mit dem Abtragungsschutt des Rotliegend-Buntsandsteins (New-Red), wie heute im abflusslosen Zentralasien die Gebirgsketten der Gobi mehr und mehr im eigenen Schutt verschwinden, so breiteten sich im näheren und weiteren Umkreis der jungsilurischen Kaledoniden unter ähnlichen Bedingungen die Sandmassen des Old red aus.

Ihre Mächtigkeit ist nicht etwa gleichmässig. Im nachvariszischen Mitteleuropa weisen wir schuttsammelnde Tröge von besonderer Schichtmächtigkeit in SW-NO-Richtung nach. Mit gleicher Richtung und Ausbildung erblicken wir solche Tröge im nachkaledonischen Nordeuropa. (Südirland, Wales, Schottland, Lofoten, Spitzbergen, Mittelnorwegen). Ein solcher, sehr breiter Trog ist durch das Ostbaltikum gelegt bis hinauf zum Weissen Meer. Wir haben allen Anlass die hier gehäuften Sedimente auf schwache, Breitmuldenartige Einsenkungen tektonischer Natur zurückzuführen. In schärferen Formen konnte sich der stabile Kontinentalsockel nicht mehr niederbiegen.

Jedenfalls hat die Verlandung im obersten Silur noch nicht die Sandhäufung bringen können. Es liegt nahe die ausserdem nötige Senkung mit jenen Senkungsvorgängen in Zusammenhang zu bringen, welche den im ganzen wohl eustatischen Meeresspiegel-Anstieg befördert haben. Auch die Existenz bedeutender gebirgiger Aufragungen als Heimstätten des gewaltigen Sanddetritus dürfte anzunehmen sein.

Weitere fazielle Überlegungen und Vergleiche mit dem germanischen Buntsandstein gebe ich in den im Druck befindlichen „Faziestudien im Alt- und Neurotsandstein“.

Die Dolomitabteilung b—d.
(Jüngeres Mittel-, älteres Oberdevon).

Im Mitteldevon greifen auf der ganzen Erde die Meere über die Randzonen der Festländer vor. Auch Lettland, auf dem nordeuropäischen Kontinent gelegen, wurde im späteren Mitteldevon von einem aus Südostrichtung vordringenden Meere bedeckt. Doch lag es schon im flachen Randgebiet dieses warmen Meeres, und die in solchen Zonen häufigen Wechsel der Fazies werden noch vermehrt durch die welligen Reliefformen des neu überfluteten Landes, durch die Lockerheit seiner sandig-tonigen Bedeckung. Andererseits ist die Fauna dieser unter den Klimaeinflüssen des trocken-heissen Landes stehenden Meeresteils kümmerlich, und ihre Reste wurden durch weitgehende Dolomitisierung zerstört, so dass bestenfalls nur die inneren und äusseren Abdrücke der Fossilien übrig blieben.

Es ist unter solchen Umständen verständlich, wenn es lange gedauert hat bis man sich über die Stratigraphie ein gewisses Bild machen konnte. Noch bis in die letzten Jahre blieb die paläogeographische Auffassung unklar. Die erste zusammenfassende Vorstellung stammt von C. Grewingk (1859, S. 30). Er dachte sich die Dolomitabteilung als besondere, in allen Teilen jüngere Etage in einem grossen Becken (an der Düna) diskordant in eine erosive Senke des Altrot-Sandsteins eingebettet. (Vergl. Fig. 3).

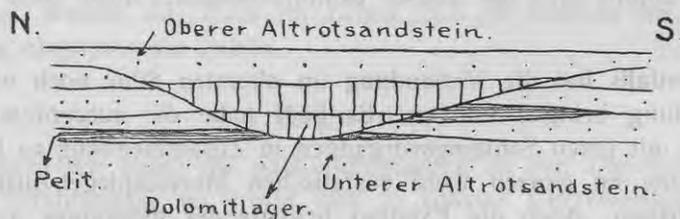


Fig. 3

Vorstellung von C. Grewingk 1859, S. 30.

Die jüngeren Horizonte griffen über die älteren über, und zu oberst ruhe der obere Altrot-Sandstein. Dort, wo der Altrot-Sandstein in der Mitte zwischen livländischer Aa, Ewst und Düna besondere Mächtigkeit hatte, kamen nach ihm in höherem Niveau als an anderen Stellen kleine, sporadische Dolomit-Sonderbecken zur Ausbildung (S. 31) nämlich an der Amat, bei Wenden und Ronneburg, sowie die im oberen Aa-Gebiet (von Adsel flussaufwärts) und jene von Rauge

und Kosse. Der Dolomit entwickelt sich nach ihm nicht etwa aus den dolomitischen Tonbecken im Sandstein. Eine fazielle Vertretung beider sei nicht haltbar.

Dem gegenüber hat H. Scupin neuerdings eine weitgehende gegenseitige Vertretung von Altrotsandstein und Dolomitabteilung angenommen. Ja er meint sogar, dass der Altrotsandstein im N durch das ganze Mittel- bis ins Oberdevon reichen könnte. Wir haben an Hand zahlreicher Einzelprofile die Berechtigung der einen oder anderen Auffassung zu beurteilen. Dabei können zunächst die einzelnen unterscheidbaren Horizonte für sich durch ganz Lettland verfolgt werden.

In den tieferen Flusseinschnitten der Düna, dann bei Bauske und Goldingen und an der erosiv stark zerschlitzten Nordkante der Dolomitplatte in Kurland und Livland erscheinen über dem Altrotsandstein zunächst weiche Dolomite und Mergel, dann sehr harte, Wasserfälle bildende Dolomitbänke. Sie bilden meist eine scharfe Steilstufe im Gelände, welche durch die nachfolgenden, im Gelände flache Gehänge bildenden Mergel noch mehr betont werden. Dieses typische Relief war schon für R. Pacht, dem das Verdienst der ersten, noch heute gültigen Gliederung zukommt, der Anlass eine untere Dolomitabteilung mit Mergel und Dolomit abzutrennen von einer oberen, die mitten in den erwähnten Mergeln beginnt. Wir fassen die unteren Mergel und Dolomite mit dem Buchstaben b) zusammen und unterscheiden in der Oberabteilung die schärfer betonten Mergel als c) von den oberen Dolomiten d).

Abteilung b): Untere Dolomite und Fukoidenmergel + *Spirifer anossofi*, *Rhynchonella livonica*, *Bothriolepis*.

Typische Profile dieser Abteilung finden wir an der Düna (Fig. 4—10), bei Stockmannshof, Sedelnjek, Andreasfels, Jaunsem, Krauklekrug, Muzbach, Klauenstein, Kokenhusen, in den Bohrungen Dahlen SO, Dahlen NW, Mitau I und II, bei Bauske, Goldingen, dann bei Altsch, Wenden, Adsel und Isborsk.

Wir gehen aus von der bestaufgeschlossenen Gegend von Stockmannshof-Kokenhusen. Sie hat bereits Pacht und Rosen genaue Profilaufnahmen ermöglicht. Wir gliedern in die Stufen b1—b4 (S. 105). Überall liegt zu unterst über dem Altrotsandstein eine etwas sandige, jedoch schon überwiegend dolomitisch-tonige Bankreihe, welche gegen den darunter folgenden Sandstein (mit Tonbänken) oft durch Kugelsandstein abgeschlossen wird.

Im Profil der Bohrung Mitau I ist auch 2,5 m unter der Altrot-sandsteinoberkante noch dolomitischer Sandstein vorhanden. Im übrigen ist die Grenze petrographisch noch recht scharf. Die auflagernden h 1-Mergel sind bei Mitau-Dahlen-Kokenhusen-Sedelnjek höchstens bis zu 1 m Höhe etwas sandig. Erst in Stockmannshof reicht der Sand 2,5 m über die Unterkante und noch weiter im Osten, in Isborsk, zeigt die offenbar hierher zu stellende Gorodištse-Stufe 5—7 m über dem Sandstein sandigen Dolomit, ja noch bis rd. 15 m hoch.

In der Strandregion eines über lockeren Sand und Ton vordringenden Meeres sind solche Wechsel durchaus natürlich, und es braucht eine irgendwie beträchtliche fazielle Vertretung des oberen Altrot-sandsteins durch die tiefere Dolomitabteilung um so weniger angenommen werden, als ja die unterste, als „b 1“ ausgeschiedene Stufe neben ihren petrographischen auch paläontologische Kennzeichen besitzt. Diese wenigstens lokal als altersgleicher Horizont in Lettland wiederkehrende Abteilung besteht aus grauen Dolomitmergeln mit dünnen Bänkchen von tonigdichtem Dolomit und meist scharf ausgeprägter Schichtung. Rötliche Farbtöne erscheinen nur selten. Besonders gut aufgeschlossen ist b 1 in dem Ostflügel des Sattels östlich Stockmannshof, wo folgende Schichten übereinander liegen.

b 2 1 m bläulich-weisser Dolomitmergel

0,63 m	grauer, weisslich anwitternder Dolomitmergel mit Diptenus, Estheria u. a.
1,35 m	bläulich-grauer, schalig zerfallender Mergel mit härteren Bänkchen, eine Bank rot gefleckt, in der Mitte schwärzliche-Panzerfisch-Zähnechen.
0,05 m	bräunlich-grauer, feinkugelig Dolomitsandstein m. Plakodermenresten. Zu oberst schwarzer, bitumenreicher Sand.
b 1 0,25 m	hellbräunlich-weisslicher, harter Dolomit, dazwischen kleine Lochreihen, etwas Calzit.
0,77 m	bläulich-grauer Dolomitmergel mit weichen Tonlagen.
0,20 m	graulicher, braun anwitternder Sand, sandig aussehender Dolomit.
über 1 m	muscheliger zerfallender, unten harter Dolomitmergel, bläulichgrau.

a ca 0,20 m harter, sandiger bräunlicher Dolomit.

einige m aufgeschlossen roter und grüner Tonmergel, fett, dazwischen Kugelsandstein mit Panzerfischresten.

In der 0,63 m Hangend-Schicht liegen 0,25 m über Basis besonders reichlich Dipterus-Schuppen und schwarze Panzerstücke; 0,38 m hoch eine 4 cm mächtige, sehr bituminöse Bank, mit vielen, 2 mm dicken Bohrgängen. An der Oberkante viel Panzerfischschuppen, *Lingula* und *Estheria*. N. Delle sammelte in bl-Mergel scharf ausgeprägte Höhlungen von Würfelkristallen, wohl von Steinsalz, teilweise mit einwärts gebogenen Flächen.

Gehen wir von diesem Profil rund 15 km (Luftlinie) Düna-abwärts, so lässt sich b1 (bei der Kirche Stockmannshof im Sattelwestflügel schlecht aufgeschlossen) s.ö. Sedelniek (am linken Ufer gegenüber Avotiņkalns) wieder beobachten (Fig. 4). In dem Sattel, in dessen Kern bunte Tone und Sandsteine von a) rund 10 m über den Dünaspiegel emporragen, ist b1 mit 3,17 m nur wenig schwächer als bei Stockmannshof Ost (4,25 m) entwickelt. Nahe der Basis fällt jetzt eine harte, stark wulstig gewellte, bunte Dolomitbank auf, die über sandreichem, kugeligem Dolomit schon wellig einsetzt, deren Wellung sich aber nach oben durch tonige Muldeneinlagen rasch ausgleicht. Gegen W verliert sie sich bald. 2,3 m über der Unterkante enthalten bläulich-grüne Dolomitmergel auch hier *Estheria*, spitze Placodermenzähne und Dipterusschuppen. In dem Dolomit gibt es vereinzelt Malachitüberzüge, in dem Mergel fand ich die gleichen kubischen, etwas verbogenen Kristallöcher, wie bei Stockmannshof. In dem liegenden Sanddolomit sieht man sehr schön die senkrechten, etwas gebogenen Infiltrierungsflächen, welche die Karbonatlösungen im Sand benützten. Auf diesen sind die Kugeln angereichert. Baron Rosen hat in diesem Niveau tropfsteinartige Bildungen aufgefunden und erklärt sie durch sekundäre Ausscheidungen von Kalk aus dem Dolomitsandstein, wobei er annimmt, dass schon ursprünglich Dolomit mit Kalk im Sand sehr ungleichmässig verteilt gewesen sei. SW Gut Löwenruh hat die Düna 3 m bunte Tone und Sandsteine angeschnitten mit Dolomitbänken, gegenüber Klauenstein liegen die Profile Fig. 9. und 10. Auf b1 treffen hier nur 2—3 m. Reste von Panzerfischen und Würfelpseudomorphosen nach Na Cl fehlen auch hier nicht. Von gleicher Mächtigkeit (2,8 m) finden wir dann b1 wieder über dem Altrotsandstein-Sattel der Perse-Mündung unter dem Hügel der Schlossruine von Kokenhusen (R. Pacht, S. 272 ff.; Rosen, S. 43 ff.; vergl. Fig. 4 und 11). Über einem violetten und weissen Dolomit mit bunter Tonschicht folgt hier wieder der grüne

Fig. 9. Profil gegenüber Klauenstein.

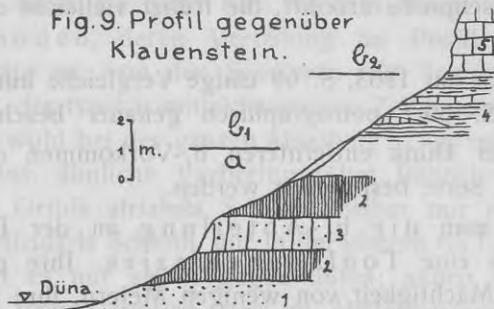
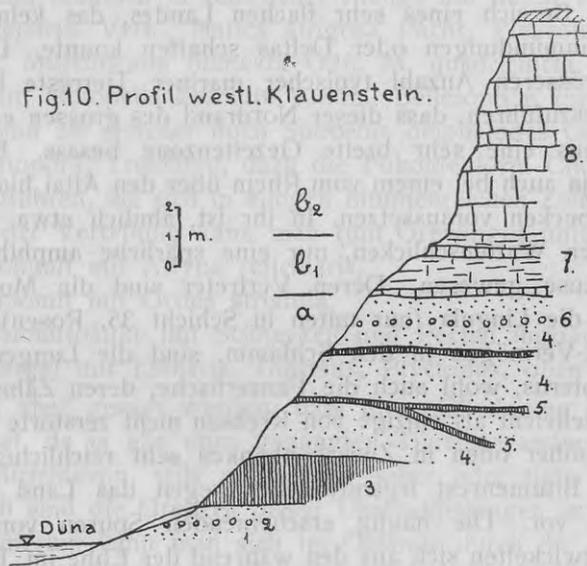


Fig. 10. Profil westl. Klauenstein.



Ton und Mergel mit *Lingula*, *Dipterus*, *Estheria*. Pacht nennt *Lingula bicarinata* Kutorga.

Düna-abwärts kennen wir b_1 , nur noch aus den Bohrungen Dahlen SO, mit 4,8 m, Dahlen NW, mit 3 m, Mitau I mit 2,5 m, wobei wir die Mächtigkeiten natürlich nur petrographisch bestimmen können. Der Charakter der grauen dolomitischen Mergel erhält sich. Sogar in den Bohrkernen von Dahlen NW fanden sich Steinsalz-Pseudomorphosen; im Hangenden wurde bei Dahlen SO eine grau-

grüne Mergelmischprobe erbohrt, die früher vielleicht etwas Gips enthalten hat.

Baron Rosen hat 1863, S. 69 einige Vergleiche innerhalb von b₁) mitgeteilt das S. 60 f. petrographisch genauer beschreiben wird.

Die von der Düna entfernteren b₁-Vorkommen mögen mit der nächstfolgenden Serie besprochen werden.

Überblickt man die b₁-Abteilung an der Düna, so stellt sie sich dar als eine Tonlagunenfazies. Ihre grosse Ausdehnung bei einer Mächtigkeit von wenigen Metern, ihre Lage im Profil zwischen typisch festländischen Sand- und typisch marinen Karbonatbänken stempelt sie zu einer Tonschlammablagerung eines Meeresstrandes im Bereich eines sehr flachen Landes, das keine wesentlichen Flusseinmündungen oder Deltas schaffen konnte. Der Mangel an einer grösseren Anzahl typischer mariner Tierreste ist offenbar darauf zurückzuführen, dass dieser Nordrand des grossen europäischen Meeresbeckens eine sehr breite Gezeitenzone besass. Eine solche müssen wir ja auch bei einem vom Rhein über den Altai hinausreichenden Meeresbecken voraussetzen. In ihr ist, ähnlich etwa wie in den norddeutschen Wattenschlickten, nur eine spärliche amphibische Tierwelt zu Hause gewesen. Deren Vertreter sind die Muschelkrebse (Estherien), die *Lingula* (nur unten in Schicht 35, Rosen) mit ihrem Einbohrungs-Vermögen in den Schlamm, sind die Lungenfische der Gattung *Dipterus*, wohl auch die Panzerfische, deren Zähne sich hier finden, — vielleicht als einzige von Krebsen nicht zerstörte Reste. Die namentlich höher oben in Zwischenbänken sehr reichlichen *Fucoiden* stellen den Bitumenrest irgendwelcher gegen das Land geworfener Tangmassen vor. Die häufig erscheinenden Spuren von Steinsalzkristallen entwickelten sich aus den während der Ebbe im Tonschlamm kristallisierten Kochsalzmengen. Die sehr ebenmässige und überaus scharfe Bankung rührt wohl von den scharfen Wechseln der Überflutung und Trockenlegung her. Die Zeit der festländischen Sand-sedimentation des Windes ist vorbei. Das Meer hat gesiegt.

In der nun im Profil folgenden

Dolomitabteilung b₂—4

befestigte das Flachmeer seine Herrschaft weiter. Das beweisen die Einzelprofile. Die karbonatischen, in der Hauptsache normal dolomitischen Ausscheidungsprodukte des Meeres mit etwas überschüssigem

Kalk setzen nun allein die Serie fort. In dem Meere lebten namentlich Brachiopoden, deren Verteilung im Profil an der Düna ziemlich gleichartig ist; von den Spiriferen tritt *Sp. acuminatus* Hall und *Sp. anosofi*, der typisch mitteldevonische Zeitgenosse des *Stringocephalus burtini*, wohl bei der ganzen Abteilung b_2-4 , reichlich in deren unterer Hälfte auf; ähnliche Verbreitung hat *Rhynchonella livonica*. Dagegen wurde *Orthis striatula* Schloth. bisher nur in der unteren Hälfte, *Atrypa reticularis* Schloth. nur in der oberen Hälfte aufgefunden. Muscheln gibt es nur selten gegen unten; neben *Schizodus* den mitteldevonische *Pecten ingriae*, der im Mitteldevonmeer des Ural- und Petschora-Gebietes besonders typisch ist. Schnecken sind mannigfach und kommen in reichlicher Menge nur unten vor (*Euomphalus voronejensis* Vern., *Natica strigosa* Pacht, *Pleurotomaria depressa* Pacht, *Murchisonia bilineata* Gdf., *M. quadricincta* Pacht, *M. decorata* Pacht, *Holopella absoluta* Sandb., *Bellerophon tuberculatus*). Im übrigen sind als seltener noch *Spirorbis omphalodes* Gdf., *Cyrtoceras*, *Stromatopora*, *Trochiten*, dazu die Fukoidenform *Chondrites* cf. *taeniola* aufzuführen, die sich in einigen bitumenreichen Zwischenlagen häuft. Nach der Verteilung kann man (mit Grewingk) unterscheiden:

- b_4 Dolomit mit *Atrypa reticularis*,
- b_3 Dolomit mit *Orthis striatula*,
- b_2 Dolomitbänke mit Schnecken und *Pecten ingriae*,
- b_1 Mergel mit *Estheria*, *Dipterus*, *Ptyctodus*, oben *Fucoiden*.

Es muss aber gesagt werden, dass diese Gliederung nur lokale Bedeutung hat, da ja alle eben genannten Tierreste anderwärts teils im ganzen Mitteldevon, teils auch noch höher oder tiefer gefunden werden. Auch sind die Grenzen dieser Unterabteilungen an der Düna unscharf. Immerhin kann man sich im Gelände durch die Menge an *Orthis striatula* in b_3 gut orientieren, und Rosen hat hierzu auch die Konzentrierung der *Fucoiden* auf bestimmte Zwischenlagen verwendet. Dabei betonte er mit Recht in der Mitte seiner Versteinerungsreichen Dolomitgruppe (in b_2) die Konstanz der dünnplattigen, sehr *Fucoiden*-reichen Zwischenschicht mit Pyritknollen (seine Schicht 25) an der Basis der *Orthis*-führenden Bänke.

Bei den „*Fucoiden*“ ist man ohne Zweifel genötigt scharf zwischen zwei Dingen zu unterscheiden. Es kommen vor:

- 1) bitumenreiche, meist schieferig spaltende, weiche Dolomite mit Ansammlungen von schwärzlichen und bräunlichen, kohligem Stengeln und Häkeln auf Schichtflächen.

- 2) bitumenarme oder -freie, tonige oder harte, kristalline Dolomite, durchsetzt von verzweigten oder unverzweigten Stengel- oder Wurst-artigen Formen von rundlichem Querschnitt. Sie liegen teils annähernd parallel der Schichtfläche teils stehen sie auch schräg oder senkrecht zu ihr im Gestein.

Nur die unter 1) genannten Reste können als pflanzliche, lagenartige „Fucoiden“ gelten. Die anderen sind wohl ohne Zweifel die mit einer von der Umgebung ein wenig abweichenden Schlamm-substanz gefüllten Röhren irgendwelcher bohrender Organismen. Dabei kann die ausfüllende Substanz auch kalkig sein; diese Röhren können wegen Karbonatmangels und wohl auch wegen der weniger rasch durch Karbonat gestützten Umgebung ihre körperliche Form verloren haben. Sie sind parallel der Schichtung plattgedrückt, wie das z. B. für die meisten Fucoiden des alpinen Flysches bezeichnend ist. Solche Variationen von 2) können natürlich verzweigten Algenresten von 1) recht ähnlich werden. Andererseits können die Bohrgänge auch in dem heute vorliegenden Sediment als unausgefüllte Hohlgänge auftreten, wodurch dann der Gedanke an irgendwelche marine Tange ganz verschwindet. Die echten Tangmassen sammeln sich gelegentlich zu über 10 cm dicken, sehr bitumreichen „Brennschiefer“-Dolomitbänken, die mitunter Pyritkonkretionen, teils limonitisch geworden, enthalten. Die Bohrgänge sind ziemlich unregelmässig und sehr wenig horizontbeständig verteilt. Besonders auffallend erscheinen sie z. B. auf 3 m Profilmächtigkeit in b_2 südöstlich Sedelnjek (Fig. 4).

Bankartig gehäuft in sehr grosser Individuenzahl erscheinen besonders Orthis und die Schnecken. Es entstanden Riffbänke, die denen des Muschelkalkes sehr analog gebildet sein dürften. Mitunter sind auch viele Trochiten eingestreut. Die bankartige Häufung von Löchern ist wohl ohne Zweifel auch auf ehemals, vor der Dolomitisierung, noch vorhandene Fossilreste zurückzuführen. Bankartig treten natürlich auch die Stromatoporen auf, die hier, wie auch im Silur als Bewohner sehr flach werdender Meeresteile aufzufassen sind. Dies bestätigt sich durch Erscheinungen, auf die man bisher nicht geachtet hat.

Wiederholt kann man bei genauer Untersuchung der Gesteinsstruktur eine unzweideutig brekziöse Beschaffenheit des Dolomits erkennen. Meist sind eckige, Nuss- bis Apfel-grosse Stücke von dichtem, oft hellerem Dolomit oder Mergel durch eine mehr bräunliche

Dolomitmasse zu einem meist Poren-freiem Gestein verbunden. Es ist wohl sicher, dass einige dieser Gesteine, die porös, ja aschenartig sind, wie z. B. in b_2 von Bohrung Dahlen SO ihre Entstehung der Auslaugung und dem Zusammenbruch ehemals Salz-führender Massen verdanken. Ich halte es nicht für möglich andere von diesen Brekzien auf andere Weise zu deuten als durch die mechanische Zerstörung der Brandung an der Oberfläche vorübergehend aufgetauchter Teile des Meeresbodens. Wenigstens insoweit als solche Brekzien öfter in richtige Konglomerate mit wohl gerundeten Geröllen übergehen, die aber nur aus Gestein des betreffenden Untergrundes selbst bestehen. Diese Bänke sind nur wenige Dezimeter dick. Bei Stockmannshof gibt es 4 solcher Aufarbeitungshorizonte: 2 im Orthisdolomit b_3 und 2 an der Basis bzw. 2 m unter Oberkante von b_4 , in jedem Fall bedeckt von dichtem oder kristallin körnigem Dolomit. Ausserdem finden sich aber noch öfter lokale Brekzienstrukturen, grössere Lücken, öfter im Zusammenhang mit wellenförmig gestörter Schichtung, Anzeichen des Wellenschlages. Andere wellenförmige Schichtverbiegungen, die sich nach oben bald wieder ausgleichen, hängen vielleicht mit diagenetischen Stoffwanderungen zusammen, vielleicht mit ungleichförmiger Volumabnahme tonig-bituminösen und kalkig-dolomitischen Gesteins, u. U. auch salzführender Zwischenzonen.

Als Auflösungsrückstand salzigen Gesteins ist jedenfalls die weisse, pulverig-aschenartige Zwischenlage in 34 m Bohrlochtiefe (b_2) der Bohrung Dahlen SO anzusehen. Diese Zone zeigt zugleich durch ihren hohen Kalkgehalt einen genetisch abweichenden Chemismus an. Solche Salzausscheidungen sprechen wohl ebenso wie die Brekzienbänke für vorübergehendes Auftauchen des Meeresbodens über Normalnull, und auf den gleichen Vorgang haben wir auch die schönen Austrocknungsrisse (Netzleisten) im dolomitischen Mergel von b_4 zurückzuführen.

Von eigenartiger Struktur ist die oberste Grenzbank in b_4 . Es ist ein sehr harter, daher in Flusseinschnitten zur Bildung von Steilwänden und Stromschnellen führender Dolomit von grobkristallinem Korn. Er wird von vielen Löchern durchsetzt, auch fein poröschwammig mit Dolomit- und etwas Calcitkristallen in den Höhlungen. Nicht selten erscheint noch Stromatoporenstruktur; die Unterflache der Bank ist z. B. bei der Dünabiegung westlich unterhalb Stockmannshof kräftig gewellt. Bei Kokenhusen ist die wahrscheinlich dem gleichen Niveau angehörige oberste Bank, auf der die Schloss-

ruine steht, sehr grobkristallin, grünlich-grau und drusig. Nur selten gibt es Pyritkristalle.

Der Dolomit von b_2-4 ist nur ganz selten von einer dünnen Tonlage unterbrochen und wird in Zwischenlagen selbst nur wenig mergelig (Analysen von Rosen). Korn und Härte sind als sekundäre, diagenetische Dinge zu werten. Im grossen ganzen bleibt die Serie an der Düna ziemlich gleichartig. Nur gelegentlich tritt neben der grauen auch etwas bunte Färbung auf. In mergeligen Teilen ist eine Diffusionsbänderung oder Fleckung deutlich wie z. B. in der sehr auffallende Bank mit Netzleisten bei Stockmannshof im unteren b_4 .

Die Schichtmächtigkeit verringert sich deutlich in westlicher Richtung. Von ihrem Maximum von 28,8 m östl. und westl. Stockmannshof geht sie bei Kokenhusen etwas über 17 m, bei Dahlen SO auf 10 m, Dahlen NW auf 11,25 zurück, um in Mitau I 12 m zu messen. Weiterhin gegen W ist der Horizont durch Bohrungen nicht mehr erreicht. Erst 110 km WNW Mitau haben wir an der Windau bei Goldingen wieder ein zusammenhängendes Profil über dem Altrotsandstein. Fig. 12 zeigt die verschiedenen Bänke. Der allgemeine Gesteinscharakter ist der gleiche wie weiter im O an der Düna. Aber die Mächtigkeiten sind geringer geworden.

C. Grewingk gibt S. 47 sehr summarisch folgendes Sammelprofil für Westkurland (wir fügen unsere Schichtbuchstaben bei):

b_3-4) 15—20 Fuss mächtige Dolomite (Wasserfall-bildend bei Plehne an der Tebber, bei Goldingen, Rumbeniek, Rönnen-Pastorat, Zabeln) mit *Spirifer anosofi* (= Grewingk's kleine *archiaci*-Varietät), *Avicula arcana* Keys. aff., *Arca oreliana*, *Rhynchonella livonica*, *Orthis striatula*, *Pecten ingriae*, *Stromatopora*, *Euomphalus*.

b_2-1) 15—20 Fuss überwiegend *Fucoiden*mergel, von oben nach unten:

Schichten mit *Chondrites taeniola* und *Fucus* sp. n.

b_2 Gastropodenbank mit *Murchisonia*, *Holopella*, *Loxonema*, *Natica*, Sp. *anosofi*, *Rhynchonella livonica*, *Orthis striatula* (?), *Arca oreliana* aff., *Dipterus*.

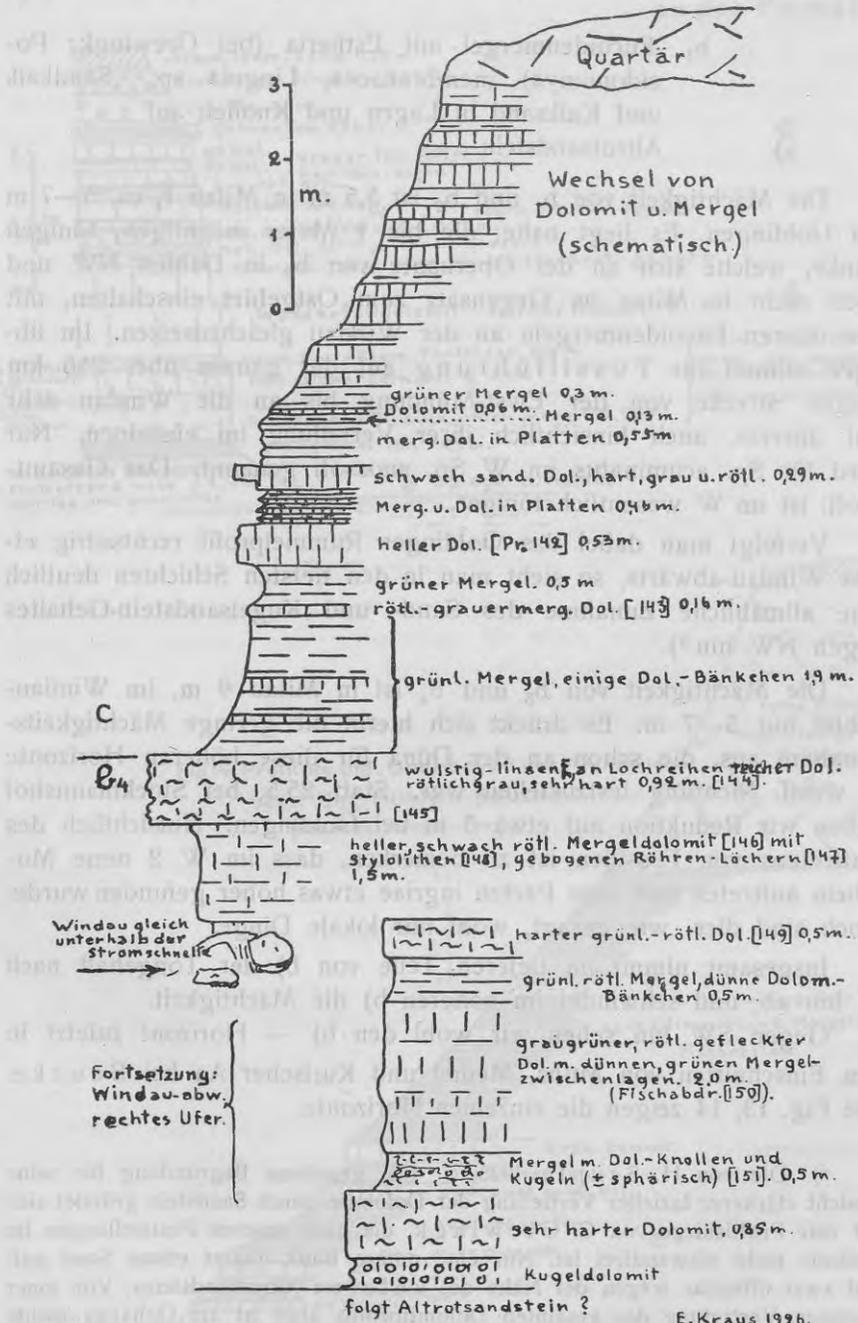


Fig. 12. Profil des oberen Mitteldevons am Rummel-Wasserfall der Windau bei Goldingen u. etwas flussabwärts.

b₁ Fucoidenmergel mit *Estheria* (bei Grewingk: *Posidonomya*) membranacea, *Lingula* sp., Sandkalk und Kalksand in Lagen und Knollen auf

a) Altrotsandstein.

Die Mächtigkeit von b₁ und b₂ ist 5,5 m in Mitau I, ca. 5—7 m bei Goldingen. Es liegt nahe, die bis 1 Meter mächtigen, tonigen Bänke, welche sich an der Oberkante von b₂ in Dahlen NW und noch mehr in Mitau im Gegensatz zum Ostgebiet einschalten, mit den oberen Fucoidenmergeln an der Windau gleichzusetzen. Im übrigen stimmt die Fossilführung auf der ganzen über 250 km langen Strecke von der Ewst-Mündung bis an die Windau sehr gut überein, auch hinsichtlich ihrer Verteilung im einzelnen. Nur wird für *Sp. acuminatus* im W *Sp. anossofi* genannt. Das Gesamtprofil ist im W wesentlich toniger.

Verfolgt man dabei das Goldinger Rummelprofil rechtsufrig etwas Windau-abwärts, so sieht man in den tiefsten Schichten deutlich eine allmähliche Zunahme des Sand- und Kugelsandstein-Gehaltes gegen NW hin⁹⁾.

Die Mächtigkeit von b₃ und b₄ ist in Mitau 9 m, im Windau-gebiet nur 5—7 m. Es drückt sich hierin die geringe Mächtigkeitsabnahme aus, die schon an der Düna für diese höheren Horizonte in westl. Richtung festzustellen war. Statt 25,5, bei Stockmannshof haben wir Reduktion auf etwa 5 m bei Goldingen. Hinsichtlich des Auftretens von Fossilien ist zu bemerken, dass im W 2 neue Muscheln auftreten und dass *Pecten ingriae* etwas höher gefunden wurde. Doch sind dies, wie gesagt, wohl nur lokale Dinge.

Insgesamt nimmt im tieferen Teile von b) der Tongehalt nach W hin ab, und schwindet im höheren b) die Mächtigkeit.

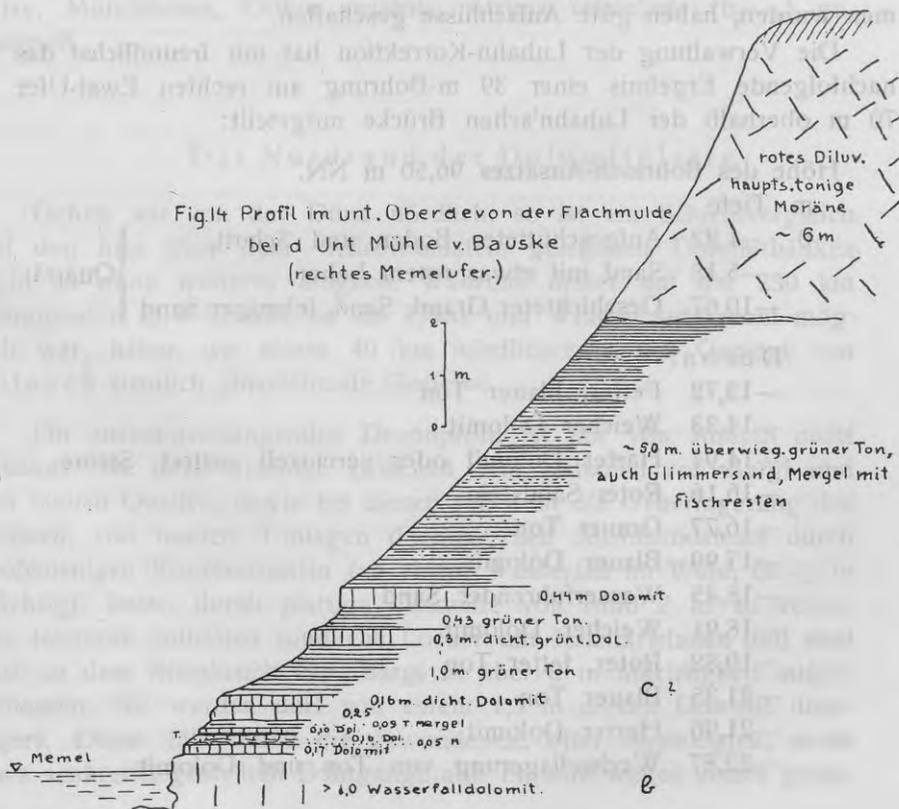
Gegen SW hin sehen wir wohl den b) — Horizont zuletzt in den Einschnitten von Muhs, Memel und Kurischer Aa bei Bauske. Die Fig. 13, 14 zeigen die einzelnen Horizonte.

⁹⁾ Die von H. Scupin 1928, S. 195, gegebene Begründung für seine Ansicht stärkerer fazieller Vertretung der Dolomite durch Sandstein gründet sich auf eine Profilskizze von C. Grewingk, die nach unseren Feststellungen im Gelände nicht einwandfrei ist. Nur eine untere Bank nimmt etwas Sand auf, und zwar offenbar wegen der Nähe des unteren Altrotsandsteins. Von einer sandigen Vertretung des gesamten Dolomitprofils aber ist am Gehänge nichts zu bemerken.

Fig. 13. Kombiniertes Profil an den Steinbrüchen N Brauerei Bauske an der Memel.



Fig. 14 Profil im unt. Oberdevon der Flachmulde bei d. Unt. Mühle v. Bauske (rechtes Memelufer.)



Einige Kilometer oberhalb Bauske soll der b)-Dolomit nach Grewingk (S. 50) in Ton übergehen.

Gegen Süden erscheint b), in geringerer Mächtigkeit, jedoch mit entspr. Fossilien an der Oknist und bei Garsen (Grewingk, S. 43).

Gegen Osten taucht b) mit seinen obersten Bänken auf, auch mit seinem obersten, löcherig-schaumigen Grenzdolomit, der nur sehr wenige, undeutliche Brachiopoden führt. Die Abteilung bildet einen flachen, rund 3 m aus dem Bett der Ewst bei Kalzenau auf 400 m Länge emporragenden Sattel. Nach Flachbohrungen bei dem Kraftwerk der Neu-Kalzenauer Mühle liegen hier 1,3 m harte Dolomite auf über 5,2 m dichtem Dolomit mit Tonbänkchen. Das Gestein verursacht die Stromschnellen bei der genannten Mühle und senkt sich gegen SW und gegen NO unter die grauen c)-Mergel.

Noch weiter östlich gehören offenbar die tiefsten Bänke von Lubahn zur b)-Abteilung. Die umfangreichen Sprengarbeiten, welche kürzlich zur Vorflut-Verbesserung im Lubahn'schen Becken vorgenommen wurden, haben gute Aufschlüsse geschaffen.

Die Verwaltung der Lubahn-Korrektion hat mir freundlichst das nachfolgende Ergebnis einer 39 m-Bohrung am rechten Ewst-Ufer 70 m oberhalb der Lubahn'schen Brücke mitgeteilt:

Höhe des Bohrloch-Ansatzes 96,50 m NN.

m Tiefe

0	—1,22	Aufgeschütteter Boden und Schutt	} Quartär
	—5,18	Sand mit etwas rotem Lehm	
	—10,67	Geschichteter Grand, Sand, lehmiger Sand	

Devon:

—13,72	Fetter, blauer Ton
—14,33	Weicher Dolomit
—14,94	Harter Dolomit oder vereinzelt auftret. Steine
—16,16	Roter Sandstein
—16,77	Grauer Ton
—17,99	Blauer Dolomit
—18,45	Wasserführender Sand
—18,91	Weicher Dolomit
—19,82	Roter, fetter Ton
—21,35	Blauer Ton
—21,96	Harter Dolomit
—22,87	Wechselagerung von Ton und Dolomit

- 24,09 Blauer Ton
- 24,70 Weicher, blauer Dolomit
- 26,23 Harter, roter Dolomit
- 28,06 Harter, weisser Dolomit
- 29,13 Harter, blauer Dolomit
- 29,28 Grobkörniger Sand, wasserführend.

Ueber die stratigraphische Stellung dieser nach dem Bohrjournal mitgeteilten Schichten, die möglicherweise dem Oberdevon angehören, kann vorläufig nichts gesagt werden. Jedenfalls aber gehören die grauen, harten Dolomite, welche im Bett der Ewst bei Akmentacis-Garkrauju gesprengt werden, die also weiter flussaufwärts in sanftem Sattel bei etwa 96 m Meereshöhe erscheinen, zur Stufe b). Von hier hat Herr Assistent Sans Gastropoden mit *Spirifer acuminatus*, graue plattige Dolomite mit Pyrit und Panzerfischen (? b_1), Fukoidenmergel, harte, teilweise löcherige Dolomite mit *Pecten ingriae*, *Murchisonia*, *Orthis striatula*, *Atrypa reticularis* (b_2-4) gesammelt.

Der Nordrand der Dolomitplatte.

Gehen wir von der Düna nördlich, so ist ein Schichtvergleich mit den hier über dem Altrotsandstein gelegenen Dolomitbänken nicht so ohne weiteres möglich. Während dieser auf der 230 km betragenden O-W-Strecke an der Düna und Windau sehr wohl möglich war, haben wir schon 40 km nördlicher in der Gegend von Allasch ziemlich abweichende Gesteine.

Ein zusammenhängendes Devonprofil ist mir von Allasch nicht bekannt. An dem Gehänge zwischen dem Kalkofen von Bargi und den Sieben Quellen, sowie bei diesen selbst ist die Ueberlagerung des weissen, von bunten Tonlagen durchzogenen Altrotsandsteins durch grobkörnigen Kugelsandstein (an einem Wasserfall im Wald, ca. $\frac{1}{2}$ m mächtig), bzw. durch plattige Dolomite von rund 2 m zu sehen. Die letzteren enthalten rundliche Löcher mit Kalzitkristallen und sind auch in dem Steinbruch östl. Bargi in über 2 m Mächtigkeit abgeschlossen. Sie werden dort von einem 1,3 m dicken Dolomit überlagert. Dieser fällt durch die gewundenen, öfter verzweigten, meist etwa senkrecht gestellten Bohrgänge auf. Er wird wegen seines gerin-

gen Tongehaltes (nur 3% silikatische Beimengungen) im Gegensatz zu dem sich teilweise staubig anführenden plattig-mergeligen Dolomit darunter (10% Silikat) abgebaut. Eine nach ihrem Ergebnis freilich ziemlich unsichere Bohrung in Pullandorf (Grewingk, S. 262) hat den b)-Dolomit angeblich zwischen 95 und 140 Fuss Tiefe, also mit zusammen 14,5 m Mächtigkeit zwischen Gipsmergel oben und Altrotsandstein unten durchsunken.

Etwas vollständiger wird das Profil an der Anzitmühle westl. von Segewold. Hier ergibt sich aus einem tieferen, am Gehänge halb verfallenen und einem höheren, frischen Steinbruch:

bis 3 m mächtiger plattiger Dolomit, unten dünne Tonlage. Rundliche Löcher, oft mit Kalzitausfüllung. Graubräunlich-rötlich.

0,25 m bräunlicher, harter Dolomit mit Löchern, Steinkernen, Kalzitausscheidungen,

rund 2,5 m rötlich-bräunlicher, plattiger Dolomit, nur teilweise aufgeschlossen. Mit schönen Pseudomorphosen nach Steinsalz auf Schichtflächen. Teilweise tonig und mit Fucoïden, Placodermerrest,

etwas Kugelsandstein (im Eisenbahneinschnitt sichtbar); dann offenbar der Altrotsandstein mit zahlreichen Resten von *Asterolepis ornatus* u. a. am Flusseinschnitt gegen die Aa.

Mangels Fossilien ist nicht klar welche Horizonte von b) hier und bei Bargi vertreten sind. Wahrscheinlich ist mit den rund 5,75 m Dolomitbänken bereits die gesamte Mächtigkeit von b) erreicht. Andernfalls hätten sich wohl in der ganzen Gegend unter dem Diluvium noch hangendere Glieder, die noch nicht zu der tonigen, daher leicht abtragbaren c)-Abteilung gehören, auffinden lassen müssen. Eine Vertretung der b₁-Mergel ist höchstens unvollkommen.

Auch an der Aa südlich Wenden gibt es bei Carlsruhe über dem bis 18 m noch über dem Flusspiegel gut aufgeschlossenen Altrotsandstein unter der Moräne nur noch knapp 6 m Dolomit. Hier aber ist nach dem von N. Delle aufgenommenen Profil (Fig. 15) die basale, tonige b₁-Abteilung über Kugelsandstein mit 1,89 m Mächtigkeit deutlich entwickelt. In der Mitte liegen reichlich Fucoïden.

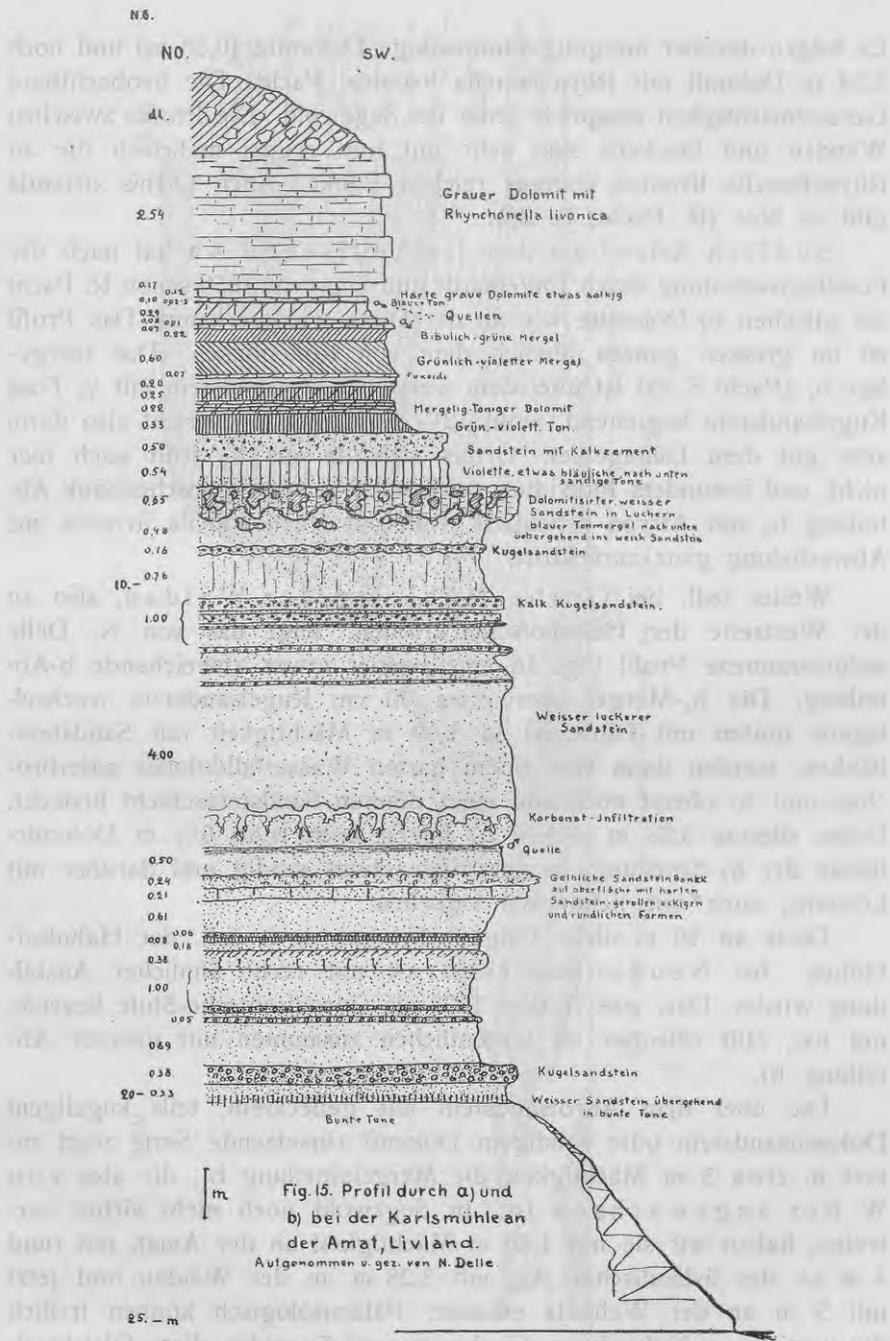


Fig. 15. Profil durch a) und b) bei der Karlmühle an der Amat, Livland. Aufgenommen u. gez. von N. Delle.

25.-m

Es folgen darüber mergelig-dünnbankige Dolomite (0,86 m) und noch 2,54 m Dolomit mit *Rhynchonella livonica* Pacht. Die beobachtbare Gesamtmächtigkeit entspricht jener bei Segewold. Die Profile zwischen Wenden und Duckern sind sehr gut und zeigen mehrfach die an *Rhynchonella livonica* überaus reichen Bänke. Auch *Orthis striatula* gibt es hier (R. Pacht, S. 38).

Südlich Adsel an der livländischen Aa hat nach der Fossilauflistung durch Engelhardt und Ulprecht 1859 schon R. Pacht die gleichen b)-Dolomite wie an der Düna wiedererkannt. Das Profil ist im grossen ganzen ähnlich dem von Kokenhusen. Das mergelige b_1 (Pacht S. 35) ist über dem weissen Altrotsandstein mit $\frac{1}{2}$ Fuss Kugelsandstein beginnend, wohl $12\frac{1}{2}$ Fuss dick, entspricht also darin sehr gut dem Dünagebiet. *Orthis striatula* aus b_3 fehlt auch hier nicht, und besonders Individuen-reichen ist in einer Zwischenbank Abteilung b_4 mit *Atrypa reticularis*, während *Rhynchonella livonica* zur Abwechslung ganz zurücktritt.

Weiter östl. bei Grube-Mühle an der Waidau, also an der Westseite der Hahnhofischen Höhen, zeigt das von N. Delle aufgenommene Profil Fig. 16 eine wieder etwas abweichende b-Abteilung. Die b_1 -Mergel über etwa 30 cm Kugelsandstein wechsel-lagern (unten mit *Dipterus*) in 1,09 m Mächtigkeit mit Sandstein-bänken, werden dann von einem harten Wasserfalldolomit unterbrochen und zu oberst noch von einer dünnen Sandsteinschicht bedeckt. Ueber diesem 3,28 m dicken b_1 liegen noch rund $6\frac{1}{2}$ m Dolomit-bänke der b)-Abteilung, in der Mitte etwas sandig und darüber mit Löchern, auch mit Schnecken versehen.

Diese an 10 m dicke Folge kehrt nun auch östl. der Hahnhof-Höhen bei Neuhausen-Isborsk mit recht ähnlicher Ausbildung wieder. Das, was Bekker 1924 als Gorodischtsche-Stufe bezeichnet hat, fällt offenbar im wesentlichen zusammen mit unserer Abteilung b).

Die über dem Altrotsandstein mit geflecktem, teils kugeligem Dolomitsandstein oder sandigem Dolomit einsetzende Serie zeigt zuerst in etwa 5 m Mächtigkeit die Mergelabteilung b_1 , die also von W her angewachsen ist. In Segewold noch nicht sicher vertreten, haben wir sie mit 1,89 m Mächtigkeit an der Amat, mit rund 4 m an der livländischen Aa, mit 3,28 m an der Waidau und jetzt mit 5 m an der Welikaja erkannt. Paläontologisch können freilich die wenigen aufgefundenen Fischreste und Fucoiden diese Gleichstel-

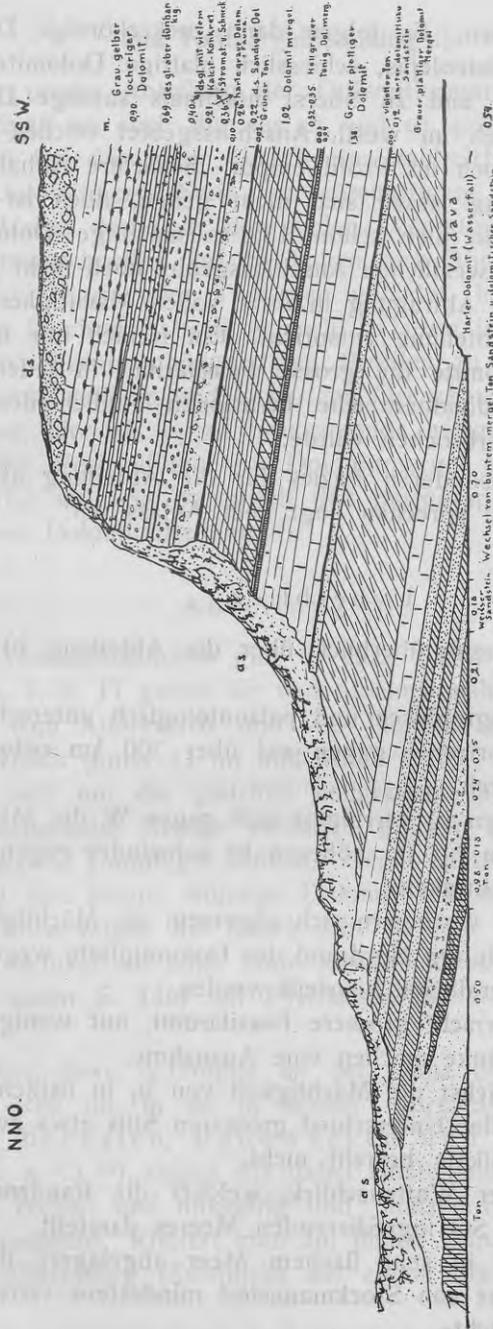


Fig 16. Profil a/b an der Grube-Mühle längs der Waldeu (von N.Delle.)

NNO.

SSW.

- m. Gese gelber
- 990. locheriger
- Dolomit.
- 999 des St. aber dichter
- 999
- 981
- 980
- 979
- 978
- 977
- 976
- 975
- 974
- 973
- 972
- 971
- 970
- 969
- 968
- 967
- 966
- 965
- 964
- 963
- 962
- 961
- 960
- 959
- 958
- 957
- 956
- 955
- 954
- 953
- 952
- 951
- 950
- 949
- 948
- 947
- 946
- 945
- 944
- 943
- 942
- 941
- 940
- 939
- 938
- 937
- 936
- 935
- 934
- 933
- 932
- 931
- 930
- 929
- 928
- 927
- 926
- 925
- 924
- 923
- 922
- 921
- 920
- 919
- 918
- 917
- 916
- 915
- 914
- 913
- 912
- 911
- 910
- 909
- 908
- 907
- 906
- 905
- 904
- 903
- 902
- 901
- 900

VATDVB

059

Ton

lung nicht beweisen. Es folgen dann zuckerkörnige Dolomite mit Asterolepis und Osteolepis, schliesslich plattige Dolomite ohne Versteinerungen, Ton und zu oberst nochmals sandige Dolomite mit Rhynchonella. Auch im westl. Anschlussgebiet reichen Sandeinspülungen ziemlich hoch im Profil empor. Schärfere Anhaltspunkte für eine Parallelisierung lassen sich nicht geben, doch ist sehr wahrscheinlich, dass die hier schon 13,6 m mächtige Dolomitabteilung im ganzen der im westlichen Anschlussgebiet noch nicht gleich mächtigen, oder wegen Abtragung in ihrer vollen Mächtigkeit noch nicht beobachteten b)-Abteilung entspricht. Ein freilich nur negatives Argument hierfür könnte die grosse Fossilarmut in jedem Fall sein, die nur durch individuenreiche Invasionen ähnlich denen im Muschelkalkmeer unterbrochen wurde.

Von einer besonderen Fazies für die Abteilung a) und b) im Welikaja-Gebiet zu sprechen liegt kein Anlass vor.

Ueberblick.

Bei einem Gesamtüberblick über die Abteilung b) in Lettland ergibt sich:

- 1) Die petrographisch und paläontologisch unterscheidbaren lokalen Horizonte gehen auf über 300 km ostwestl. Entfernung durch.
- 2) Im tieferen b) verringert sich gegen W die Mächtigkeit des tonreichen b_1 , im höheren b) schwindet gegen W die Gesamt-Mächtigkeit.
- 3) Gegen N verringern sich allgemein die Mächtigkeiten, bzw. können sie am Nordrand der Dolomitplatte wegen Abtragung nicht überall voll beurteilt werden.
- 4) Im N herrscht grössere Fossilarmut, nur wenige individuenreiche Bänke machen eine Ausnahme.
- 5) Im N wächst die Mächtigkeit von b_1 in östlichen Richtung.
- 6) Ein fazieller Unterschied grösseren Stils etwa zwischen Düna und Welikaja besteht nicht.
- 7) b_1 ist der Wattenschlick, welcher die Randzone des langsam aus SO ingredierenden Meeres darstellt.
- 8) b_2-4 ist in sehr flachem Meer abgelagert, dessen Boden im Gebiet von Stockmannshof mindestens viermal über NN emportauchte.

Die Tonmergelabteilung c).

Wie die untere Abteilung der Dolomitformation mit tonreichen Bänken beginnt, so auch die aus c) und d) aufgebaute Oberabteilung. Mit c) hat das Meer überall eine zahlreiche Meter mächtige Ton- und Dolomitmergel-Serie von eigenartigem Gepräge ins Land gebracht. Ueber der Zone der steilen Dolomitwände, der Wasserfälle und Stromschnellen auf b) haben sich überall flachere, wohl bewachsene Gehänge oder Terrassen gebildet, hat sich Quartär in der heutigen Landschaft breit gemacht. Darum ist die Abteilung c) nur selten in zusammenhängenderen Profilen zu sehen. Ueber der schaumig-grobkristallinen und löcherigen Grenzbank baut sich überall zunächst eine, hier als c_1 zu bezeichnende mergelige, darüber eine weniger dicke Wechselfolge von Dolomitmergel und weichen Dolomitbänken (c_2) auf. Sie vermittelt den petrographischen Uebergang zu der oberen Dolomitabteilung d).

Abteilung c_1).

Dünne Dolomitbänkchen gibt es auch schon in c_1 . Die Profile Fig. 4, 5, 6, 7, 8, 17 geben sie von Stockmannshof O (12,4 m) und W (10 m), vom Andreasfels und von Jaunsem (7 m), Krauklekrug (13 m), Muzbach (unter 11 m) und Mitau I (10,7 m) wieder. Immer handelt es sich um die gleichen hellgrauen, mergeligen Dolomitbänke in wechselnder Menge zwischen grauen, grünen, selten, roten Ton- bzw. Tonmergel-Bänken. Gegen unten liegt bei Stockmannshof O eine kleine, wulstige Dolomitbank mit kurzen Bohrröhren, gegen oben zeigen die Bänke sehr oft jene eigenartigen, unter bestimmtem Winkel auf einer Linie zusammenstossenden Streifungen, die ich (s. unten S. 146) auf Pyritkristall-Skelettbildung zurückführen möchte.

Was aber diese c_1 -Gruppe an der Düna besonders auffallend macht, das sind die in ihr in höchst unregelmässiger Weise erscheinenden Brekzien, Rauhwacken und Aschen. 4 Abbildungen a. a. O.¹⁰⁾ zeigen die dabei entstehenden Bilder von sw. Altseelburg, rechts- und linksufrig und Jaunsem-Brody, also unterhalb Stockmannshof. Klettert man am linken Dünasteilgehänge 1 km sw. Ruine Altseelburg (Sweinjek) auf einem Steig steil hinab zum

¹⁰⁾ E. Kraus, Salztektunik in Lettland, diese Annalen, 1930.

Dünaufser, oder erreicht man, was sich mehr empfiehlt, diese Stelle mit dem Boot, so sieht man oberhalb eines kleinen Wasser-risses der hier durch den Fluss von Schutt fast ganz befreiten Wand die c)-Abteilung in ausserordentlich starker Kleinfaltung. Die in der cit. Fig. 1 u. 4 bezeichneten Bänke von c_1 , rund 10 m mächtig, zeigen einen breiten Sattel, eine unregelmässige Mulde und rechts daneben zwei bis drei Meter hohe, ungefüge Brekziengänge mitten in stark gefaltetem Mergel und plattigem Dolomitgestein, welches scharf diskordant durchsetzt wird.

Die Brekzie zeigt ein vollkommenes Durcheinander von eckigen Bruchstücken von tonigem, teilweise schwarz, bituminös gebändertem Dolomit, hellem, feinkristallinem Dolomit, grauem Mergel und Ton. Es sind durchweg die von dem Gang durchbrochenen Gesteine, teilweise verbunden durch dolomitisch-tonig-feinkörniges Zement, dazwischen etwas Pyrit. Es gibt nichts, was aus anderem Horizont herkommen könnte, auch keine Quarzsande. Die Masse ist nicht dicht, sondern umschliesst vieleckige Hohlräume, in denen oft crème-farbig-pulverige Massen, einer typischen „Asche“ liegen. Das Gestein ist in nichts verschieden von jenen typischen Rauhdecken und Dolomitaschen, die als Rückstände zerbrochener, ehemals reichlich salzführender Gesteine aufzufassen sind. Die scharf diskordante Lagerung, die Fältelung im Nebengestein, vielleicht teilweise als Quelfaltung anzusehen, das gangartige Auftreten ist gleich typisch für Gemische von Salz und Nebengestein, welche infolge ihrer besonderen

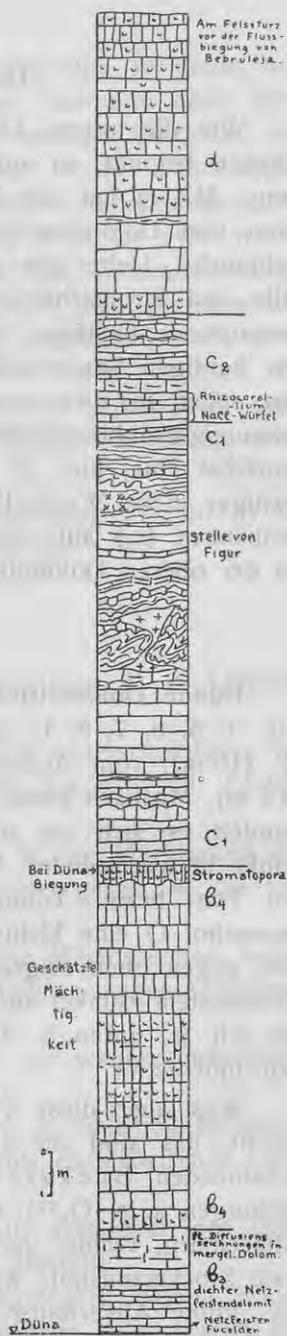


Fig. 17. Profil am rechten Dünaufser von 1 bis 2,4 km. sw. Kirche Stockmannshof. Zeichenerklärung siehe Fig. 4

Plastizität in der unter höherem, aber nicht überall gleich starkem Druck stehenden Sedimentserie in Richtung kleineren Druckes abgewandert sind. Das Salz hat sich, da unter gleichen Bedingungen gleich reagierend, aus einem oder mehreren Horizonten dabei an die gleichen, Druck-schwächeren Stellen begeben und ist dort, konzentriert als kleiner Salzstock, unter Durchbrechung hangender Sedimente um ein Stück nach oben aufgestiegen. Noch in dem hangenden Dolomit haben sich diese Teilbewegungen in Schollenverschiebungen ausgewirkt. Wir haben hier embryonale Salzhorste.

Sehr gut sieht man wie auch schmalere Gänge durch die tonig-dolomitischen, stark gefalteten Bänke an einer Stelle des rechten Dünaufufers zwischen Brody und Jaunsem durchgebrochen sind.

Während ich im Mai 1927 hier nur den Oberteil des Profils cit. Fig. 2 mit seinen für die Tektonik Lettlands ganz ungewöhnlich kurzen Schollenaufschiebungen beobachten konnte, hatte starkes Düna-wasser im Frühjahr 1929 auch den tieferliegenden Schutt teilweise fortgeräumt. Nun sah man 4—6 m unter der Oberkante der c)-Mergel in den mergeligen Dolomitbänken eine starke Zertrümmerung und gleichzeitige Faltung, wobei sich gerade die Sättel öfter von Spalten durchsetzt zeigten. Auf einer 5—8 cm breiten Spalte (Str. N 140° O) ist wieder die gleiche brekziöse Rauhwanke eingepresst und auch zwischen die Dolomitbänke hat sich hier brekziöser Mergel, oft Rauhwanke-artig, eingezwängt. Teilweise mögen es auch mehr primäre Brekzienlagen sein, die weniger horizontale Wanderungen durchgemacht haben und mehr die Auflösungsrückstände von Salzgemisch in situ darstellen. Die Hauptspalten streichen N 170° O. Etwa 80 m Düna-abwärts sieht man beim Felssturz rund 3 m unter der Dolomitwand unter Mergel die sehr stark gestörte, grobe Brekzie (cit. Fig. 3). Die Schichtbänke sind steil aufgerichtet, teilweise senkrecht und ganz zertrümmert. Von ihnen bis zu kleinbrekziösen Stücken der Brekzie gibt es alle möglichen Uebergänge.

Brekzie in Zusammenhang mit gangartig diskordant das Hangende durchsetzenden Apophysen fand ich auch am rechten Dünaufufer östl. Olinkalns (cit. Fig. 5). Zu diesen Bildern gehört offenbar auch das Chaos, welches unter dem Blockschutt der Wand des Andreasfelsens bei Seelburg in c) nach Baron Rosen vorkommt. Dieser hat 1863, S. 11 Anmerkung, diese sonst bisher in der Literatur nirgends erwähnten Bewegungsbilder angedeutet. Er spricht

von mächtigen, dolomitischen Sandstein- und Kalksandstein-Bänken (mit Fischresten), die wahrscheinlich aus dem Oberteil der unteren Sandsteinetage stammen. „Untersucht man die an den Rand des (Schutt-) Kegels grenzenden Dolomitschichten, so wird man finden, dass ihre Schichtungs-fugen mit gewaltsam eingedrungenen Sand- und Ton-Massen ausgefüllt sind.“ Er vermutet hier eine gewaltsame Einpressung durch Eisschiebungen in der Düna. Ich hoffe bald in der Lage zu sein diese Lokalität aufgraben zu lassen. Sie ist deshalb bedeutungsvoll, weil hier das Auftreten auch von Gesteinen des Altrotsandsteins ein Emporkommen von Salzgestein entweder aus a) oder sogar aus dem salzführenden obersten Silur beweisen könnte. Sandstein ist, wie gesagt, an den übrigen c_1 -Aufschlüssen nicht zu beobachten.

Gehen wir weiter Düna-abwärts, so erscheint c_1 wieder rechtsufrig in dem breiten Sattel von Stepin-Stilbe nördlich gegenüber Navessala-Dünhof, also 5,5—6 km oberhalb Kirchholm. Alle Einzelheiten der Stratigraphie kehren hier wieder in den kräftig im einzelnen bewegten Bänken. Es fällt hier aber die Menge eingeschalteten Gipses (bis 1 m dicke Bänke verteilt auf rd. 3,5 m Profil) und die Unmenge der eingestreuten Würfelpseudomorphosen nach Steinsalz auf. Weiterhin erweist sich c_1 auch noch in den Bohrungen von Dahlen SO und Mitau I von gleicher Mächtigkeit (10,56 bzw. 10,7 m), was angesichts der in diesem Horizont einst vorhanden gewesenen Salzgesteine ziemlich überraschend wäre und nach den unten gegebenen weiteren Zahlen nur eine zufälligerweise fast völlige Uebereinstimmung bedeutet. In Wirklichkeit kennen wir vielmehr Schwankungen zwischen 7,5 und 12,5 m. Dass Salz auch hier nicht gefehlt hat, beweisen die gerade in c_1 besonders unverkennbaren *Rauhacken-* und *Aschenzwischenlagen* unter der Mitte (Dahlen SO) oder in der Mitte (Mitau I) dieser Abteilung. Im ersteren Fall liegt zwischen 21,07 und 21,62 m Bohrlochtiefe Kreidekalkasche vor, dazwischen gibt es Trümmer von zerdrückten dolomitischen Bänkchen bzw. von Brekzie. In 114 m Tiefe der Mitau-Bohrung steht die Brekzie in Verbindung mit deutlich wellig gestörter Lagerung. Mag hier in der Hauptsache Steinsalz¹¹⁾ aufgelöst worden sein, so lässt sich

¹¹⁾ Der aus Bohrung I von Dahlen angegebene „Salzgeruch“ in dem plastisch-mergeligen Ton rührt wohl her von irgendwelchen in Zersetzung begriffenen Sulfiden, etwa von etwas Markasit (vgl. Techniskais Žurnāls. Rīga 1926, S. 78 der Abhandlung über Dahlen).

aus Kluffüberzügen von Gips in 22,3—22,7 m Tiefe (Dahlen SO) und feinen Kristallen in Bohrung 13, sowie aus den kleinen Gipsbänkchen, die im Ton des westlichen Endes von Dahlen liegen, entnehmen, dass untergeordnet auch hier Gips in den Zeiten der Trockenlegung des Meeresbodens ausgeschieden wurde.

Dabei ist interessant, dass in dem tonigen c_1 häufiger als sonst ein beträchtlicher Kalkgehalt hervortritt, als ob die Dolomitisierung durch den Ton gehindert worden wäre. Sehr oft brausen Zwischenlagen mit verdünnter HCl auf. Als besonders kalkreich erwiesen sich die Aschenlagen. Bei den für das Kraftwerkprojekt Dahlen ausgeführten Probebohrungen wurde c_1 etwa 9 mal erreicht bzw. teilweise durchsunken (Fig. 4). Auch hier habe ich wiederholt jene Aschenschichten beobachtet (Bohrung 6, 12, 13, 19), auf die man bisher nicht geachtet hat. Grössere Gipslager wurden jedoch in c_1 an der Düna nirgends festgestellt.

Häufig ist auch bei Dahlen (Bohrungen 3a, 6, 7, 12, 15, 16) neben der grauen die rote und violette Färbung kräftig. Doch überwiegen düstere, bläulichgraue Töne.

Abteilung c_2)

ist überall höchstens halb so mächtig als c_1 : 2,5 m bei Stockmannshof, 1—2 m bei Seelburg-Krauklekrug, 7 m Dahlen SO, 4—5 m bei Dahlen, 10 m in Mitau I.

Ganz allgemein sind es weiche tonige Dolomitbänke im Wechsel mit Mergeln, die über c_1 in allmählichem Uebergang folgen. Nach oben sind sie oft (Stockmannshof, Jaunsem, Krauklekrug) durch eine besonders wellig gelagerte Bank gegen die harten d)-Dolomite begrenzt. In c_2 gibt es viel sehr feine Schichtung. Das Wiederauftauchen mit Salzbildung ist hier durch gelegentliches Vorkommen von Steinsalzpseudomorphosen im Mergel (Stockmannshof W) und Kalkaschenhorizonte (Dahlen SO bei 11,23—11,66 m Tiefe) angedeutet. Auch lässt sich mitunter Brekzienbildung erkennen so in der Mitte von c_2 südöstl. Jaunsem. In Marjuschka und gegenüber Dahlen liegt an der Oberkante sogar ein deutlicher Konglomerat-Horizont. Sehr gute Bohrgänge von Rhizocorallium¹²⁾ finden sich westl. Stockmannshof; hier auch Pyrit und im Ostflügel

¹²⁾ E. Kraus, Über rhizocorallide Bauten im ostbaltischen Devon. Notizbl. Nat. Ver., Riga 1930.

des Stockmannshofer Sattels schwache, weissliche Kieselkonkretionen im knolligen Dolomit.



Fig. 18

Kristallskelett-Formen, wahrscheinlich von Pyrit, in Dolomit.
Stufe c_2 an der Düna.

Recht auffallend sind hier und im oberen c_1 die Oberflächen im Dolomit, welche 2 mit einem Winkel von etwa $60-90^\circ$ gegeneinander geknickte Systeme von unter sich parallelen, strichartigen Rinnen aufweisen. Meist findet man sie in gebogenen Hohlräumen des Dolomits, die öfter noch Reste von Kalzit enthalten. Doch kommen sie auch auf ebenen Schichtplatten vor (Fig. 18). Die eingeschlossenen Kalzitkristalle sind durchweg mehr oder weniger korrodiert und zeigen die Auflösungs skelettstreifung. Es liegt nahe jene Streifung im Sediment auf ebensolche Korrosionsflächen zurückzuführen, die in dem eben in Versteinerung begriffenen Karbonatschlamm gele-

gen haben. In den Hohlräumen des Schlammes hatten sich diagenetische Kalzitkristalle gebildet, die noch vor der endgültigen Erhärtung teilweise wieder aufgelöst worden sind. Solche Ätzflächen findet man sehr schön auch in den Dolomiten an der Memel bei Bauske. An anderen Stellen aber sieht man nichts von Kalzit; auch lassen sich dort die Winkel, mit denen die Streifen zusammenstossen, darauf zurückführen, dass die betreffende Fläche ehemals kubische Kristallbildungen mit schiefen Winkeln anschneidet. S. 155 ist gesagt, dass reichlich noch Pyrit auftritt, ausserdem Würfelformen beobachtet werden. Diese Streifungen sind dann wohl auf Pyrit zurückzuführen.

c₂) bei Dahlen.

Die Projektierung für das Düna-Wasser-Kraftwerk, welches auf der Insel Dahlen errichtet werden soll, hat einen sehr guten Einblick in die Zusammensetzung der Abteilung c und d gegeben. Die Ergebnisse der 44 Bohrungen, 23 Schürfe bzw. Grabungen sind durch Zeichnungen und Erläuterungen in Techniskais Žurnals 4. Jahrg. 1926 Riga S. 74—115 in lettischer Sprache¹³⁾ niedergelegt. Die Angaben, welche nach den von mir durchgesehenen Proben in manchem einer Ergänzung und Abänderung bedurften, sind durch je 2 Bohrungen zu 25 m (Dünhof und Dahlen NW) und eine 55 m-Bohrung (Dahlen SO) vervollständigt worden. Dies geschah auf Empfehlung des 1928 mit der geologischen Begutachtung betrauten Verfassers. Es hat sich danach ergeben, dass die Mächtigkeit der c₁ und c₂-Abteilung in den Bohrungen folgende Beträge erreicht:

Bohrung	Mächtigkeit von ¹⁴⁾	
	c ₂ m	c ₁ m
1	5	7,5
2	5,63	(7,5)
3a	5,42	(1,91)
4	4,54	(7,53)
5	5,85	(0,95)
6	6,21	(9,20)
12	5,58	(12,00)
13	5,91	12,51

¹³⁾ Es erschien auch ein ausführliches englisches Referat.

¹⁴⁾ Einklammerung bedeutet, dass die Gesamtmächtigkeit jeweils nicht durchbohrt wurde.

14	4,96	(8,29)
15	2,88	(8,03)
16	3,17	(6,53)
19	5,29	(4,17)
39	5,51	(0,52)
Dahlen SO	6,93	10,56

Auf kleinem Raum wechselt also in c_2 die Mächtigkeit zwischen 2,8 und 6,9 m. Noch mehr als in c_1 tritt in diesen vorwiegend weisslichen oder doch hellen, mergelig-plattigen Gesteinen ein bedeutender Kalkgehalt hervor. Fast in jeder Bohrung liess sich dieser mit verdünnter Salzsäure in einer oder mehreren Schichten nachweisen; ebenso fast überall Zwischenlagen von pulverig-aschenartiger Beschaffenheit. Das ehemalige Vorkommen von Salz wird auch durch Hohlräume angezeigt. So wurde z. B. in der Bohrung 20 südöstlich der Schanze bei Kurtenhof in 13 m Tiefe ein Loch von 12 cm Grösse festgestellt. Stellenweise gibt es Pyrit, Limonit; nicht selten reichlicheres Bitumen.

Weiter südlich

ist c) wahrscheinlich bei Bauske an der Memel und kurländischen Aa unter d)-Dolomiten aufgeschlossen. Die Mächtigkeit ist nördl. der Schlossruine wohl mindestens 8 m. Trotz der Mitteilungen von Grewingk und Baron Toll scheinen mir die Dinge in dieser Gegend noch nicht geklärt zu sein.

Am Nordrand der Dolomitplatte

streicht die c)-Abteilung als ein recht gleichmässiger Horizont aus. Offenbar die meisten der auf der Grewingk'schen Karte aufgezeichneten Gipsvorkommen dürften nicht zum Oberdevon gehören, sondern zu unserer c)-Abteilung, was freilich gegenüber dem bestaufgeschlossenen Dünagebiet ungewöhnlich ist. Finden wir doch an der Düna nur örtlich Gips und im übrigen reichlichere Anzeichen für ehemals vorhanden gewesenes Kochsalz.

Zur c)-Abteilung dürften gehören die Gipsvorkommen von Appricken an der Tebber im W, Eckhof an der Windau, Weggen an der Abau und Senten (sw. Argensee); dann von Dahlen n.w., Stubensee?, Kurtenhof, Kukini (bei Pullandorf-Allasch),

Darsenzem (s. Adsel an der livländischen Aa) und Hopenhof an der Waidau.

In Goldingen haben wir das Profil Fig. 12 aufgenommen. Irgend ein Anhaltspunkt, dass die Dolomitbänke 3 m über dem Wasserfall-dolomit schon zu der d)-Abteilung gehören könnten, wofür sie zu schwach und wenig charakteristisch wären, fand sich nicht. Wahrscheinlich gehört die ganze, mindestens 9 m mächtige Serie von grauen, gelegentlich etwas rötlichen Mergeln mit eingeschalteten Dolomitplatten zur c)-Abteilung. Sie führt 4 m über der Unterkante ungewöhnlicherweise etwas Sand.

Ueber die beträchtliche Mächtigkeit des Gips-führenden c)-Tonmergels bei Pullandorf (Hintzenberg) unterrichtet eine Mitteilung C. Grewingk's 1861, S. 262, die von dem Ergebnis einer alten Bohrung erzählt. Demzufolge ist hier bis 58 Fuss, also bis rund 20 m Mächtigkeit c)-Mergel und Gips erbohrt worden. Ueberschreiten wir schliesslich gegen O die Hahnhoftöden, so treffen wir im Bereich der Welikaja nunmehr ein ganz abweichendes Bild. Zwar das eine bleibt: der Kalkgehalt in den Mergeln und Kalksteinen, über den eine Analysenreihe von Baron Rosen 1863, Taf. 3, Auskunft gibt, ist hoch; sogar noch wesentlich höher als im W. Aber während die bisher betrachteten c)-Gebiete den Typus einer dolomitisch-kalkigen Tonlage mit reichlich ausgeschiedenem Salz, im N mit ausgedehnten Gipslagern aufgezeigt haben, befinden wir uns hier östl. der Hahnhoftöden mit einem mal in einem ziemlich normal marinen Flachmeerbecken. Die (in einer Schicht kleinoolithischen) Kalksteine mit dünnen Tonbänken und mancherlei Bitumenhäufung schliessen eine ganz ansehnliche Fauna ein.

C. Grewingk weiss aus c) im W nur anzuführen: *Spirifer tentaculum* und *Phragmoceras orthogaster* Sandb. aff. Neben dem erstgenannten gibt es aber im Bereich der „Welikajafazies“ (Grewingk) 9 Arten Brachiopoden, 10 Arten Muscheln, einige Schnecken, Stromatoporen, Würmer, Fische u. a.; vergl. Tabelle bei H. Scupin, 1928. S. 204 f.

H. Bekker¹⁵⁾ hat für die Horizonte über den schon besprochenen b)-Dolomiten nachfolgende Gliederung gegeben (von oben nach unten):

¹⁵⁾ H. Bekker, The devonian rocks of the Irboska district (S. E. Estonia), Archiv für die Naturkunde Estlands (Nat. Ges. Univ. Dorpat). 1. Serie, Bd. X. 1924. Estnisch mit engl. Referat.

e) Dubniki-Schichten: grauer Dolomit und Ton mit Gips-
einlagen.

d) Obere Spirifer- und Rhynchonella-Zone mit *Atrypa* re-
ticularis und *Spirifer verneuili*.

c) Meyendorfi-Zone: Kalke mit *Rhynchonella* (*Pugnoides*)
meyendorfi, *Orthis striatula*.

Stromatopora-Zone: Riffkalk mit *Stromatopora concen-*
trica.

Untere Spirifer- und Rhynchonella-Zone: Kalk mit *Rh.*
livonica, *Spirifer muralis*, oben mit *Stromatopora con-*
centrica.

Die Buchstaben jener Abteilungen, in welche die Bekker'schen Glieder nach meiner Auffassung hereingehören, habe ich beigelegt. Danach haben wir es hier zunächst mit den 3 unteren sogenannten „Zonen“ zu tun. Ich schliesse dies nicht aus dem Schicht- oder Fossil-Bestand selbst, der ja nicht genügend positive Anhaltspunkte gibt, sondern aus der Lage der 3 Zonen im Profil über den zu b) zu stellenden Dolomiten und unter dem bereits mit oberdevonischen Leitformen versehenen Glied d). Es muss dabei gesagt werden, dass dieser Gesichtspunkt natürlich eine solche Auffassung nur wahrscheinlich macht. Es könnte ja z. B. noch ein Teil des hier zu c) gestellten fossilreichen Komplexes zeitlich dem westlichen b) entsprechen — um das zu entscheiden sind die bis jetzt gefundenen und vielleicht alle noch auffindbaren Versteinerungen nicht hinreichend. Man könnte daran denken, das *Orthis-Meyendorfi-Lager* mit dem *Orthis-Lager* von b_3 , jenes der *Atrypa reticularis* mit dem *Atrypa*-führenden b_4 gleichzusetzen. Aber dann käme der oberdevonische *Spirifer verneuili* in das mitteldevonische b_4 und unter c) mit dem in der Hauptsache mitteldevonischen *Spirifer tentaculum* zu liegen. Man sieht hieraus, dass die Verteilung der Nicht-Leitfossilien im Profil nicht massgebend sein kann. Jene der einigermaßen als Leitformen anzusprechenden Typen lässt aber keine sichere Entscheidung über die Einzel-Parallelisierung zu. Vielleicht ergibt sich eine solche aus einer gründlichen Durcharbeitung des ganzen Formenbestandes. Einstweilen halten wir als weiteren Anhaltspunkt für unsere Auffassung für wesentlich, dass ein lithologisches Aequivalent des ober-

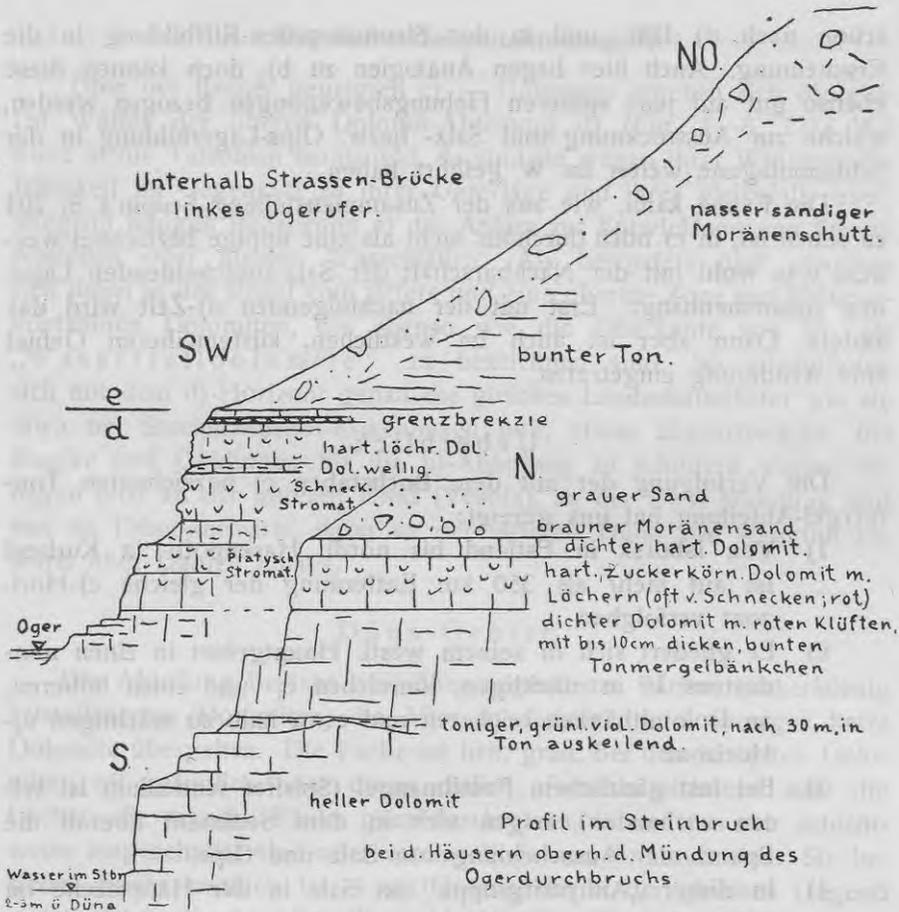


Fig. 19
Masstab 1 : 125.

mitteldevonischen c) im Welikaja-Gebiet nicht existiert. Darum sind wir von vornherein gezwungen faziell abweichende Gesteins- und Faunen-Elemente im O jenen im W zeitlich gleich zusetzen, denn Anzeichen für grössere Lücken sind auch nicht da.

Das Profil von c) ist in Fig. 21 gegeben.

Auffallend ist auch hier das Durchgreifen von Emersionsflächen¹⁶⁾. Es tritt in den beiden Konglomeraten, von denen das obere

¹⁶⁾ H. Bekker bezog die Erscheinungen von c) auf Regression und Transgression. Vergl. die graphische Darstellung bei E. Kraus, Studien zur ostbaltischen Geologie, 1927, S. 44.

schon nach d) fällt, und in der Stromatoporen-Riffbildung in die Erscheinung. Auch hier liegen Analogien zu b), doch können diese ebenso gut auf jene späteren Hebungsbewegungen bezogen werden, welche zur Austrocknung und Salz- bzw. Gips-Lagerbildung in der Schlammlagune weiter im W geführt haben.

Die Fauna kann, wie aus der Zusammenstellung Scupin's S. 204 zu sehen ist, in c) noch durchaus nicht als eine üppige bezeichnet werden, was wohl mit der Nachbarschaft der Salz-ausscheidenden Lagunen zusammenhängt. Erst mit der nachfolgenden d)-Zeit wird das anders. Dann aber ist auch im westlichen, küstennäheren Gebiet eine Aenderung eingetreten.

Ueberblick.

Die Verfolgung der mit dem Buchstaben c) bezeichneten Tonmergel-Abteilung hat uns gezeigt:

- 1) Von Isborsk in Estland bis nördl. Hasenpoth in Kurland ist auf mehr als 350 km Entfernung der gleiche c)-Horizont verfolgbar.
- 2) Er gliedert sich in seinem westl. Hauptgebiet in einen mindestens 10 m mächtigen, tonreichen c_1 - und einen höheren, an Dolomitbänken reicheren und etwa halb so mächtigen c_2 -Horizont.
- 3) Bei fast gänzlichem Fossilmangel (*Spirifer tentaculum* ist selten vorhanden) zeigen sich in dem Sediment überall die Spuren der Ausscheidung von Salz und Gips.
- 4) In dieser „Anhydritgruppe“ ist Salz in der Hauptsache im Dünagebiet, Gips mächtiger nur in einem ostwestlichen Nord-Randgürtel ausgeschieden worden (Zone der Gipsbrüche und Erdfälle).
- 5) Das salzreiche Gestein hat zu starken Schichtstörungen Anlass gegeben, hat hangende Serien unter scharfer Fältelung gangartig durchbrochen und zur Entwicklung ausgeprägter Brekzien geführt.
- 6) Wahrscheinlich gleichzeitig lagerten sich — gleichfalls kalkreichere, jedoch flachmeerische — Sedimente im Welikaja-Gebiet ab.
- 7) Diese zeigen mehrfache Emersion des Meeresbodens in Zeiten, die vielleicht mit jenen der verstärkten Salzausscheidung in der küstennäheren Tonschlammlagune übereinstimmen.

Die obere Dolomitabteilung d).

Über der flacher geneigten c) — Unterlage erheben sich die steilen Wände der oberen Dolomit-Abteilung d) (Fig. 4—8, 17). Wo diese in die Talsohlen herabzieht, da sind sie wegen ihrer Widerstandsfähigkeit im Gegensatz zu ihrer Unterlage und ihrer gleichfalls überwiegend tonigen Bedeckung e) der Anlass zur Entwicklung von Stromschnellen oder kleinen Wasserfällen. Als besonders hart erweisen sich dabei in der Regel eine tiefere und eine oberste Zone von löcherig-kristallinen Dolomiten, die ebenso wie die Oberkante von b) als „Wasserfalldolomite“ zu bezeichnen sind. So wiederholen sich mit dem d)-Horizont genau die gleichen Landschaftsbilder wie sie etwa bei Stockmannshof-Kokenhusen und, etwas abgeschwächt, bei Bauske und Goldingen für die b)-Abteilung zu schildern waren. Sie liegen jetzt an der unteren Ewst (Veseta), an der Ewst-Mündung und von da Düna-aufwärts, dann an der unteren Düna von Keggum abwärts über Dahlen hinaus.

Düna-Gebiet.

Die Abteilung besteht weit überwiegend aus harten, zuckerkörnig kristallisierten Dolomiten, die öfter in dichtere, i. a. weniger harte Dolomite übergehen. Die Farbe ist hell, grau, bei den härtesten Dolomiten oft bräunlich oder etwas rötlich. Sehr bezeichnend sind die Löcher, die manche Bänke ganz durchsetzen, in anderen nur schichtweise eingeschaltet sind oder vereinzelt da und dort auftreten. Sie besitzen durchschnittlich $\frac{1}{2}$ —4 cm Grösse, die in der gleichen Gegend meist gleichartig ist. Rundliche Höhlungen oder schmale, gebogene Lücken sind die Regel. Oft lässt sich noch die Beziehung zu ehemals vorhanden gewesenen Fossilien oder Konkretionen nachweisen. Mitunter kommen schaumig-poröse oder schalige Strukturen im Zusammenhang mit entsprechenden Höhlungen vor.

Über die chemische Zusammensetzung, die weniger oft als in b) jener des Normal-Dolomits entspricht, unterrichten die Analysen bei Pacht, C. Grewingk, Baron Rosen. Kalkgehalt in einer durch verdünnte Salzsäure nachweisbaren Menge findet sich nur selten, so in Zwischenlagen der Bohrung 12 bei Dahlen. Kalk in kreidig-aschenartigem Gestein ist in den Bohrungen 3, 14, 22, Dahlen SO (nahe der Basis) nachgewiesen. Teilweise ist man wohl auch hier berechtigt, dies auf Empортаuchen und Salzausscheidung zurückzuführen.

Ganz allgemein geriet jedenfalls der Meeresboden kurz vor dem Ende der d)-Zeit über den Meeresspiegel. Das wird durch das Auftreten einer brekziösen oberen Grenzbank bewiesen. Zu- meist Gerölle enthaltend habe ich sie in 0,5—3 dm Dicke überall an der unteren Düna hart unter der d)-Oberkante aufgefunden: Bei Lennewaden, Keggum, Oger (hier an d. Bank-Oberkante mit weissen Stacheln und Panzerresten von Fischen), unterhalb Üxküll (SW Dünhof, W Ragge, W Balgil), bei Dahlen (auch in den Bohrungen 23, 29) und westlich Kirchholm mit bis Apfel-grossen Geröllen. Überall ist der Dolomit durch die Brandungswelle zerschlagen und vielfach in Geröll umgewandelt. Eine Brekzie von dichtem Dolomit in hartem, kristallinem Gestein fand sich auch inmitten des d)-Profils der Boh- rung von Dahlen SO. Eine typische Schichtfolge habe ich z. B. westl. unterhalb von Lennewaden (Fig. 20), an der untersten Oger (Fig. 21) oder s.-ö. und westl. Kirchholm (Fig. 22, 23) aufgenommen.

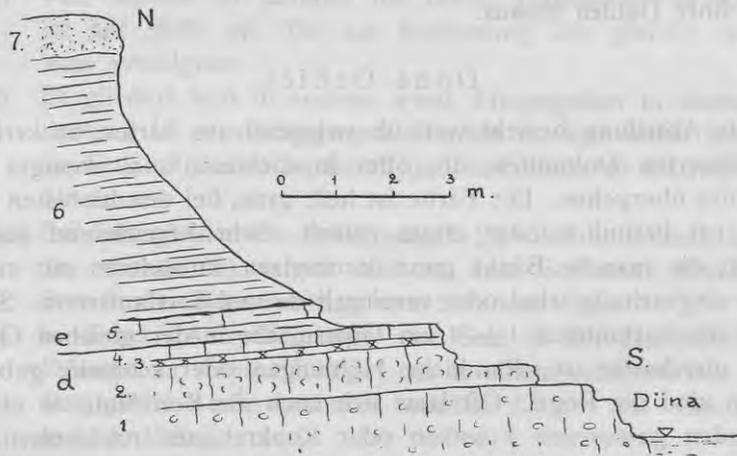


Fig. 20

Profil am Steilufer und der Strasse westlich Lennewaden. 1 harter, löcheriger Dolomit m. Platschisma. 2 harter, wellig-grosslöcher. Dolomit m. Stromato- pora. 3 Grenzbrekzie m. eck. u. gerundeten, weissl. Dolomitstückchen 0,1 m. 4 harter, heller Dolomit. 5 Weissl., senkrecht geklüft. Dolomit. 6 bunter, do- lomit. Tonmergel der Abt. c. 7 Sandige, verlehnte Moräne.

Die Höhlungen sind öfter ganz oder teilweise von Kristallen gefüllt, unter denen neben Dolomit in der Hauptsache Kalzit hervor- tritt. Während solche Kristalle im O mehr zurücktreten, trifft man sie an der unteren Düna viel häufiger. Im Steinbruch westl. vom

früheren Gut Dünhof stehen 5 m rötliche, knollige Dolomitbänke an, etwa auf 1 m mit besonders reichlichen Schneckenstein-kernen (*Platyschisma kirchholmiensis*, *Natica*), und mit schönen Kalziten in den Höhlungen. Darunter liegt hier über 2 m grünlich-weisslicher, mergeliger Dolomit und Kalk. In den obersten, bunten d)-Dolomitbänken finden sich bei Keggums schöne Kalzitdrusen (verschiedene Rhomböeder) und weisse, klare Tafeln von Baryt; in Zwischenbänken auch die schon genannten Schnecken. In den kugeligen Höhlungen des Dolomits von Kirchholm liegen ebenfalls oft noch

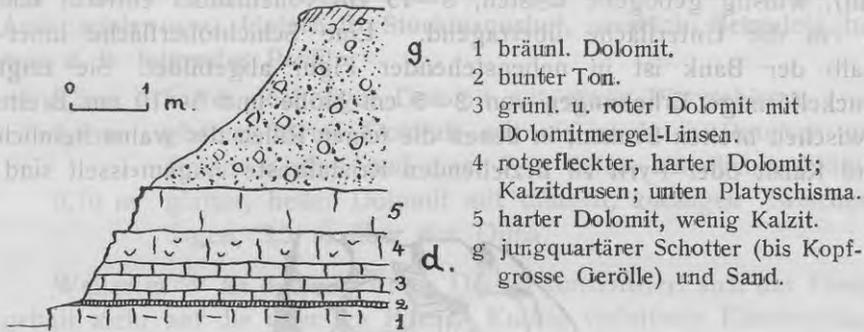


Fig. 22

Profil im Steinbruch an Strassengabel w. Dab, sö. Kurtenhof.

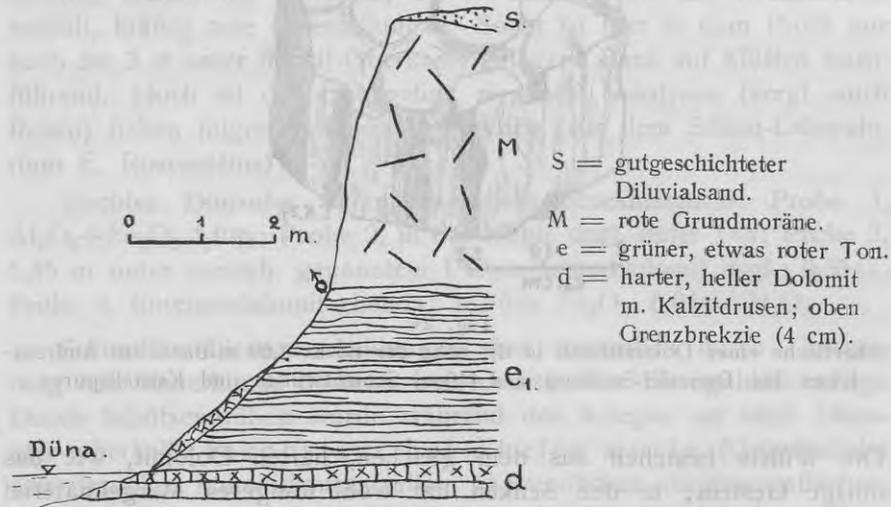


Fig. 23

Profil bei Kr. Sarba, w. Kirche Kirchholm.

durchsichtige Kalzite, ähnlich wie in den tieferen Bänken von Anzit und Bargi. (S. oben, S. 136).

Ausserdem enthalten auch die tieferen Bänke von d) jene S. 147 erwähnten Streifen von Kristallskelett-bzw. Pyrit-Kristall-Formen. Ein Beispiel für dieses Vorkommen auf der stark gebuckelten Oberfläche einer Dolomitbank gibt Fig. 24; Die tiefste, 1,69 m mächtige Schichtbank von d) (Fig. 5) am Andreasfels aus sehr hellem, hartem, mit langen, wulstigen Löchern versehenem Dolomit, einigen Limonitkrusten und Spirifer archiaci zeigt an ihrer Unterfläche sehr breite (2½ cm), wulstig gebogene Leisten, 8—15 cm voneinander entfernt und 5 cm die Unterfläche überragend. Eine Schichtoberfläche innerhalb der Bank ist in nebenstehender Figur abgebildet. Sie zeigt buckelförmige Erhebungen von 2—5 cm Höhe und 5—10 cm Breite zwischen breiten Senken, in denen die feinen Rillen der wahrscheinlich auf Kalzit oder Pyrit zu beziehenden Kristallreste eingemeisselt sind.

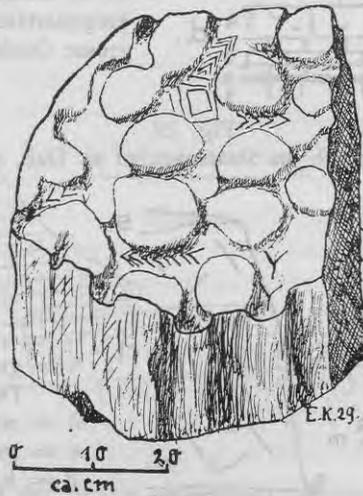


Fig. 24

Oberfläche einer Dolomitbank in d), nahe der Basis. 1,69 m-Bank am Andreasfels bei Duneslei-Seelburg a. d. Düna. Schichtwülste und Kristallspuren.

Die Wülste bestehen aus dem gleichen, harten Dolomit, wie das übrige Gestein; in den Senken hat wohl tonigeres Mergelmaterial gelegen. Die Kristallbildung hat offenbar bereits im Schlamm vor dessen endgültiger Erstarrung stattgefunden.

Eisen. Mehr als alle anderen Horizonte fällt d) durch die roten und braunen Färbungen seiner Klüfte und Höhlungen auf. Es ist diese Färbung durchaus nicht überall gleichmässig verteilt, sondern man trifft sie meist auf einige 100 m Entfernung kräftig entwickelt, dann aber wieder nur angedeutet. Auch konzentriert sie sich ganz deutlich auf eine 2,5—4,5 m über den Dünaspiegel emporsteigende Zone. Östlich und westlich bei Stockmannshof hält sie sich, öfter traubige Limonit-Krusten führend, unter dem Niveau der löcherreichen Dolomite; von Smeksten abwärts findet sie sich auch über den Lochdolomiten; Die Figuren 5, 6, 8 zeigen die Verteilung der Eisenbeschläge am Andreasfels usw. Unterhalb Stockmannshof, westlich Bebruleja hat man z. B. folgendes Profil;

- 2,5 m harter, löcheriger Dolomit mit etwas Platyschisma.
- 1,2 m glatter, harter Dolomit mit vielen durch Roteisen gefärbten Klüften und einer 7 m tiefen, künstlichen Höhle.
- 0,76 m glatter, heller Dolomit mit dünnen, knolligen Zwischenlagen, 3,5 m über der Düna.

Weiter in W an der unteren Düna konzentriert sich der Eisengehalt mehr auf die obersten Bänke. Kräftig violettrote Eisenoxyd-sammlungen in Höhlungen gibt es z. B. bei Lennewaden und Keggam. Am untersten Ogerufer liegen in den Löchern des 35 cm mächtigen, dichten, weisslichen Dolomits, der in seiner Mitte die Grenzbrekzie enthält, kräftig rote Eisenfüllungen. Sonst ist hier in dem Profil nur noch die 3 m unter der d)-Oberkante gelegene Bank auf Klüften eisenführend. Hoch ist der Eisengehalt nirgends. Analysen (vergl. auch Rosen) haben folgendes Resultat ergeben (aus dem Silikat-Laboratorium E. Rosensteins):

Rechtes Dünaufer 4 km unterhalb Stockmannshof Probe 1, $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 1,0%; Probe 2, in der Höhle dsgl. unter 1%; Probe 3, 1,45 m unter vorsteh. genanntem Platyschisma-Dolomit dsgl.: 0,55%; Probe 4, Roteisendolomit ebenda: 38,16% Fe_2O_3 , 6,04% Al_2O_3 .

Sekundäre Eisenausscheidungen sind vermutlich durch Umlagerung des immerhin in d) recht bemerkenswerten Eisengehalts erfolgt. Durch Schützengräben wurde während des Krieges am südl. Dünaufer oberhalb Jakobstadt bei Ābeles muiža (Grundschule) eine traubige Limonitkonzentration an rundlichen Auflösungsflächen, Trümmerzonen und Klüften des hier in der Hauptsache die an 4 m hohe Terrasse bildenden Dolomits aufgefunden, (wenige 100 m östl.

der Schule, nicht weit unter dem Anstieg zu der Moränen-bedeckten 9 Meter-Terrasse im Feld). Am Dünaufer finden wir im Dolomit einige Reste von Spirifer (? anosofi). M. Gutmann hat das Vorkommen 6 m tief aufgraben lassen.

8,2 km unterhalb Stockmannshof zeigt der rote Verwitterungsboden des Seitentälchens am linken Dünaufer südlich Tirumbaltgalvji neben den aufragenden d)-Dolomitrücken einen offenbar von diesem stammenden, ungewöhnlich hohen Eisengehalt auf Kalktuff-Untergrund (entsprechend mediterraner Roterde).

Eisenreichere Quellen zirkulieren in der gleichen Zone. Im oberen a) ist unter 4 m Moräne westl. Stockmannshof 2,5 m über der Düna eine viel Eisen absondernde Quelle von 20 min./l. zu bemerken. An der Fähre von Stockmannshof ist linksufrig der Dünaschotter und Sand zu einem harten Eisenkonglomerat verkittet. Mehrfach trifft man im N gegen den Odsensee im Torf Raseneisenstein oder Reste von Eisenschlacken ehemaliger Eisenschmelzöfen.

4 km oberhalb Jakobstadt gibt es viele Pyritnester im Dolomit.

Aus der horizontmässigen Konstanz des Eisenvorkommens in d) ist zu schliessen, dass es sich um ein, wenn auch nur schwaches primär-sedimentäres Auftreten handelt, welches dann später auf den verschiedensten Wegen im Sediment umgelagert wurde und auch in quartäre Lager übergegangen ist.

Ton. Die Verteilung des zur d)-Zeit in das Becken eingeschwemmten Tones ist gleichfalls recht bezeichnend. Es gibt nur wenig Ton, der nach seinem Zurücktreten im oberen c₂ nur noch gelegentlich eine dünne Zwischenbank oder Linse bildet. Sein Hauptlager befindet sich etwa in der Mitte des d)-Profils, und zwar nur im westlichen Gebiet, während er im O (Stockmannshof) so gut wie ganz fehlt. Westlich von der Ober-Devonmulde von Lennewaden, wo gleichzeitig der Eisengehalt gegen oben zunimmt, individualisieren sich 2 Hauptdolomitbänke; der „obere“ und der „untere“ Platyschisma-Dolomit durch zunehmende Zwischenschaltung eines tonig-mergeligen Horizonts. Nur über und unter diesem bleiben die harten, ruppig-löcherigen Wasserfalldolomitbänke. Auch diese zergliedern sich weiter nach W, indem sich zunächst in der Dahlen-Gegend auch in den „oberen Platyschisma-Dolomit“ im W noch eine Mergelzwischenlage einschiebt, die in den östlicheren Bohrungen noch nicht schärfer heraustritt. Diese Verhältnisse zeigen sich klar in der nachfolgenden Übersicht über die Mächtigkeiten von d) in den verschiedenen Dah-

lener Bohrungen (in m; die Bohrungen sind von W, links, nach O, rechts, angeordnet);

Dahlen-Bohrung Nr.

Abteilung d):	15	17	16	18	6	7	44	5	39	4	3a	3	2	1	19	11	20	12		
Oberer Dolomit	0,88	1,19	1,78										3,0	1,8	2,5					
	0,94*	0,30*	0,11*	2,59	1,91	2,51	2,49	2,2	2,49	2,0	2,6				2,24		2,4	2,7	1,83	
Dichter Dolomit	1,85	0,91	0,62										1,15	0,45	1,0					
Mergel	1,08	1,45	1,16	1,12	1,20	1,23	1,35	1,33	1,37	1,1	1,44		1,15	1,26	1,3	1,94		1,4	1,56	1,5
Unterer Dolomit	2,40	2,67	2,61	2,78	2,20	2,19	2,10	2,0	1,80	2,45	1,86	>1,75	2,27	1,7	2,01	>0,25	1,94	1,9		
Gesamt-Mächtigkeit	7,10	6,52	6,28	6,49	5,34	5,93	5,94	5,53	5,66	5,55	5,90	>7,05	5,78	6,5	6,19	>4,05	6,20	5,23		

* Tonlage zwischen Dolomit.

Die Mächtigkeiten schwanken, wie man sieht, auf kleinem Raum ziemlich unregelmässig, aber in kleinen Grenzen. Insgesamt liegt die Mächtigkeit von d) zwischen 5,2 und 7,1 m. Nach O steigt sie über Oger mit über 8,3 m, Andreasfels bei Seeiburg mit 11,4 m, Stockmannshof mit über 9 m in den tonfreien Dolomitbänken deutlich an. Dagegen nimmt, wie gesagt, der Tongehalt in westlicher Richtung zu. Dies hat auch das Bohrloch Mitau I ergeben, wo sich bei 9,6 m Mächtigkeit die Mergel nicht nur in der Mitte, sondern auch gegen die Ober- und gegen die Unterkante einstellen (Fig. 4).

Versteinerungen. An Fossilien ist d) nach Individuen in manchen Bänken überaus reich. Die eigentlichen „Platyschisma-Dolomitbänke“ bestehen fast nur aus Steinkernen von *Platyschisma* und *Natica kirchholmiensis* Keyserling. Dickschalig sind sie nahe der Basis nw. Marjuschka (gegenüber Dahlen). Gelegentlich erscheinen *Pleurotomaria keyserlingi* Pacht, dann *Schizodus devonicus* Vern., *Tellina trigona* A. Roem. Unten wird noch *Spirifer tentaculum* Vern., *Spirifer verneuili* var. *archiaci* (auch als „*Spirifer archiaci*“ laufend) wiederholt gefunden, so auch in der Bohrung 7 bei Dahlen oder bei Gercani an der unteren Ewst (sehr reichlich). Bankartig tritt neben *Platyschisma* auch *Stromatopora* auf, die bei Stockmannshof, oberhalb und unterhalb der Ewst-Mündung, osö. Jaunsem, s. Smeksten (über der Eisenzone) bei Römershof und Oger recht deutliche Strukturen in ausgedehnten Rifflagern hinterlassen hat.

Kugelige Höhlungen östlich Pulpun (unterhalb Stockmannshof) lassen sich vielleicht auf Spongien zurückführen.

Am Ostende der zusammenhängenden Siedelung von Kreuzburg (Krustpils) tritt 1 m über dem Dünaniveau auf etwa 100 m Länge eine

Cephalopoden-reiche Bank auf. Sie ist reich an Gomphoceras, Stromatopora, Platyschisma (alles in Steinkernen). Vereinzelt gibt es Anzeichen von den U-förmig gebogenen Röhren von Rhizocorallium¹⁷⁾. Gomphoceras steckt schief oder senkrecht im Gestein, das oft Stellen limonitischer Braunfärbung auf Spalten und Schichtfugen zeigt. Überlagert wird es hier von 0,3—0,7 m dichtem Dolomit. Zu oberst liegt (unter Moräne) eine harte Dolomitbank (1 m), reich an rundlichen Löchern von kleinem bis mittlerem Umfang. Gomphoceras fand ich auch bei Gercani an der unteren Ewst.

In dem besonders stark dolomitisierten d)-Dolomit am linken Dünaufser in der Umgebung der Ewst-Mündung gibt es unzählige Löcher; er ist wie zerfressen. Man erkennt aber noch Reste von Platyschisma, Stromatoporen, Acervularia ananas, Spirifer (wohl archiaci). Auch erscheinen hier bis 1 Fuss grosse, weissliche Kieselkonkretionen in hellgrünlich-grauem, zuckerkörnigem Dolomit. In ähnlichen Konkretionen scheint Antonowitsch an der mittleren Düna (Witebsk) eine reichere Schneckenfauna aufgefunden zu haben¹⁸⁾.

Am nördlichsten dem Dünagebiet vorgelagert finden sich schneckenreiche Dolomite in einem flachen (3 m) Steinbruch zu Ulbrock am Jägel.

d) in Kurland.

Wir hörten, dass d) unterhalb bei Bauske unter Ausfall von c) als schmale Dolomitbank nach v. Toll mit Spirifer archiaci, Rhynchonella livonica und Productella unmittelbar über den d)-Dolomiten mit Sp. anossofi zutage tritt.

Weiter nach W entwickelt sich aus d) unter Zurücktreten der Düna-nahen Platyschisma-Bänke der „Productus-Horizont“ Grewingk's. Er ist dolomitisch und noch mit Spirifer archiaci, Sp. tenticulum, Sp. muralis, Rhynchonella livonica, Gomphoceras sp. versehen; ausserdem führt er Spirigera concentrica, Productus subaculeatus, Pr. productoides, Serpula omphalotes. Zu dieser teilweise noch schärfer zu bestimmenden Fauna treten vereinzelt Korallenriffe mit Cyathophyllum

¹⁷⁾ Ich habe vergleichbare Röhren bereits früher in einem Dolomitgeschiebe in Ostpreussen aufgefunden. K. André hat später ein anderes Geschiebe (Sandstein) gefunden und in der paläontologischen Zeitschrift 1926, 8, S. 125, beschrieben.

¹⁸⁾ Antonowitsch, A. N., Geognost. Beschreibung der Düna im Bereiche des Gouv. Witebsk, Berg-Journal 1873, B. II, S. 55—87. Russisch.

alf. caespitosum, wie sie (dolomitisiert) durch v. Toll aus der Gegend von Pokroj im nördl. Litauen mitgeteilt wurden. Die Fauna ist ziemlich reichhaltig und zeigt, wenigstens für Zwischenzeiten, ein normal gesalzenes Meerwasser an. Nur hat die nachfolgende Dolomitierung viele Organismenreste zerstört.

Die Verbreitung des d)-Horizonts ist aus Skizze Fig. 2 ersichtlich. Es handelt sich um eine Zone, die in der Bausker Gegend besonders breit entwickelt ist, welche die Abau bei Irmelau überschreitet, an der unteren Ammul und Immul auftritt, um die Windau zwischen Irgen und Draguhnen in Richtung auf Akmen-Zierau (im W) zu überschneiden. — Die Gesteinsausbildung ist in Kurland sehr wechselnd. Zahlreiche Riffbildungen treten auf und in das Küsten-nahe, seichte Meer wurde vom Land mitunter schon recht viel Sand eingespült.

Während im N der Düna-entwicklung die d)-Abteilung durch Abtragung rasch zu Ende geht und im ganzen Bereich der Süd- und Ost-Livländischen Höhen trotz dieser höheren Relieflage keine jüngeren Schichten dieses Alters bekannt geworden sind, tauchen solche weiter im O, in der südlichen Fortsetzung der breiten Peipus-senke gegen die Welikaja zu wieder auf.

d) im Welikaja-Gebiet.

Nachdem wir oben S. 150 glaubten guten Grund zu haben die Meyendorfi-Zone zur Abteilung c) zu stellen, liegt es nahe die nun folgende obere Spirifer- und Rhynchonella-Zone mit *Atrypa reticularis* und *Spirifer verneuili* mit d) gleich zu setzen. In der Tat gehört *Spirifer verneuili*, dem *Sp. archiaci* und *Sp. disjunctus* als Varietäten zugerechnet werden müssen, bereits ins obere Devon, vertritt also diese Zone ebenso wie d) im W das unterste Oberdevon. Nach den älteren und recht genauen Profilaufnahmen Baron Rosen's hat 1924 H. Bekker¹⁹⁾ (S. 39) nachstehende Schichtenfolge von Isborsk verzeichnet:

¹⁹⁾ Mehrfache Irrtümer Bekker's hat H. Scupin bereits richtig gestellt, vgl. „die stratigraph. Stellung der Devonschichten im Südosten Estlands“. Acta Univers. Dorpatensis A. XIII 3, 1927. Ich halte es auch für ungeeignet die in Mittel- und Oberdevon zerfallende höhere Schichtfolge als „Irboskastufe“ zusammenzufassen. Die anderen Lokalbezeichnungen „Dubniki“ und Gorođištestufe“ erscheinen mir entbehrlich.

e Ton und Gips der Dubniki-Abteilung.

-
- 0,27 m kompakter, graublauer Brachiopoden-Kalk.
 - 0,9 m grüngrauer, Brachiopoden- und Muschel-Mergel.
 - 0,19 m grüngrauer, fossilführender Mergel bzw. Kalkstein.
 - d 1,41 m dünnplattiger, graulichweisser Kalkstein mit *Dactylocrinus*, *Rhynchonella livonica* u. a.
 - 0,1—0,48 m Irboskites-Konglomerat.
 - 1,37 m dickbankiger, grauer Kalkstein mit sehr viel *Atrypa reticularis*.
 - 1,8 m grauer Kalkstein mit muscheligem Bruch.
-

c Zu unterst: Meyendorfi-Zone.

Die auftretenden Fossilien sind in der Liste Scupin's bereits mitgeteilt. Es ergibt sich, dass jetzt eine im wesentlichen normalmarine Fauna in das Becken eingezogen ist, in der neben den vielen Brachiopoden (*Spirifer muralis*, *Sp. verneuili*, *Rhynchonella livonica*) nun auch zahlreichere Lamellibranchiaten, wie *Pteria rostrata*, *Pt. vorthii*, *Pt. grewingki*, *Pt. inostranzewi*, eine grosse Rolle spielen. Manche Bänke sind richtige Muschelbrekzien. Örtlich sind sehr viele Trochiten eingelagert. Auch mehrere, an der Düna nur in b) auftretende Formen, wie *Orthis* (*Schizophoria*) *striatula*, *Atrypa reticularis*, *Aviculopecten ingrae* und die im allgem. nur mitteldevonische *Rhynchomella livonica*, stellt sich wieder ein. Dies hat aber offenbar spezielle Gründe und ist nicht auf ein dem b) entsprechendes Alter zurückzuführen, wie der als einwandfrei oberdevonisch anzusehende *Spirifer verneuili* in unserer Zone zeigt.

Auch an der Welikaja verspürt man den scharf ausgeprägten Sedimentationsrhythmus. Die von H. Bekker erkannte rhythmische Folge von Seichtwasser-, Riff- und Geröll-Bildungen einerseits, von Kalkschlamm-sedimenten andererseits ist ohne Zweifel auf periodisch seichteres und tieferes Meer zurückzuführen. Ungleichförmige Senkung und Aufhöhung durch Sedimentabsatz, wie H. Scupin S. 203 meint, können diese Erscheinung unmöglich erklären. Ich kann mir nicht denken, dass schon eine Auflagerung von wenig Metern Sediment eine ganz grundlegend abweichende Fazies bilden könnte. Wir haben nicht nur ungleichförmige Senkung, sondern auch Hebung, und zwar ruckartige Hebung und Bewegungsstillstand, wie die scharfe Ausbildung der Horizonte zeigt. Ob freilich der von H.

Bekker gewählte Ausdruck „Transgression und Regression“ gilt, ist bei Isborsk selbst nicht zu entscheiden. Jedoch glaube ich 1926 vom Rande des Devonbeckens in den Kugelsandsteinhorizonten Erscheinungen aufgezeigt zu haben, die auch hiezu berechtigten.

Die Mächtigkeit von d) entspricht mit etwas über 6 m ganz jener im Westen.

Der Meyendorfi-Vorstoss

Die in d) ohne Zweifel mit den Eintreten normalmariner Lebensbedingungen (weniger salziges Wasser!) zusammenhängende Steigerung der Faunen-Üppigkeit war weiter im O schon um einige Zeit früher eingetreten. Die Zusammenstellung von H. Bekker (S. 45) zeigt deutlich, dass im O (an der Lowat und bei Pleskau) nach Wenjukoff bereits die jüngst-mitteldevonische Meyendorfi-Zone eine grössere Üppigkeit besessen hatte. Jetzt, in der Zeit des altoberdevonischen d), blüht das Leben auch an der Welikaja auf. Wir werden wohl nicht fehl gehen, wenn wir mit dem gleichen Umschwung auch das Erscheinen der fossilreicheren Dolomitbänke an der Düna und in Kurland in Verbindung bringen: über die Salz-Gips-Lagunen und Wattenschlicke von c) stiess aus südöstlicher Richtung das normalere Meer weit nach NW vor und brachte an die Düna die fossilreichen Schneckenbänke, nach Kurland die vielen Productellen, Muscheln, Seelilien, Bryozoen. Toll fand davon *Pugnoides meendorfi* 1892 noch bei Wilzenhof im Westen.

Diese grosse Transgression, die wir nach dem, mit ihm gleichzeitigen Erscheinen der *Pugnoides meendorfi* als Meyendorfi-Vorstoss bezeichnen können, bereitete sich im östlichen Beckeninneren, gegen welches die Mächtigkeiten der Dolomitabteilung bis über 100 m anwachsen, bereits in jung-mitteldevonischer Zeit vor und stiess im älteren Oberdevon bis über das ganze kurländische Gebiet hinweg gegen den sandigen Strand vor. Abgesehen von gewissen Abspülungen auf vorübergehend emporragenden Teilen des Meeresbodens, wie sie durch das Irboskites-Konglomerat an der Welikaja wieder sehr schön angezeigt werden, gingen mit diesem Meeresvorstoss örtlich etwas stärkere Abtragungen Hand in Hand. So vermissen wir bei Bauske über b) die c)-Abteilung. Deren Mergel wurde offenbar vom vordringenden Meere beseitigt. Die recht wellige Ausbildung in c₂), die Anzeichen für grössere Unruhen im Meere vor dem Erscheinen der d)-Dolomite kann damit in Zusammenhang stehen.

Sehr auffällig ist, dass im ganzen Raum der süd- und ostlivländischen Höhen (Gaisingkalm-Hahnhof) nie eine Spur von dieser alt-oberdevonischen Meeres-Invasion aufgefunden werden konnte. Überall finden wir hier nur die nicht besonders mächtigen b)-Dolomite, bedeckt von den wahrscheinlich zu c) gehörenden, gipsführenden Mergeln, aber ohne d). Die Wattenschlicke mit nicht unbedeutenden Gipslagern von c) im W der Hahnhof-Höhe stossen recht plötzlich an die fossilführende ziemlich normale, kalkige Meyendorfi-Zone im O davon. Es sieht so aus, als ob der Grund hierfür in einer schon damals vorhandenen höheren Lage des westl. Gebietes zu suchen sei, auf dem sich damals die Gezeitenzone ausbreitete.

Es liegt der Gedanke nahe, dass auf dieses südost-livländische Schwellengebiet damals der altoberdevonische Meeresvorstoss nicht emporreichte, dass der Meyendorfi-Vorstoss in der Hauptsache südlich an ihm vorbei gegen W (Kurland) vorgetrieben worden sei. Hier im S, an der Düna, war ja schon vorher eine etwas mehr beschleunigte Senkung zu spüren, wie aus der Tonfreiheit und grösseren Mächtigkeit von b) bei Stockmannshof wohl hervorgeht.

Der Faziesgegensatz zu beiden Seiten der Hahnhof-Höhen schliesst freilich nicht aus, dass etwas später in d) doch auch dieses Höhengebiet bedeckt war, und dass die marinen Reste eben später durch Abtragung völlig verschwunden sind.

Jedenfalls sehen wir das Meer sich allmählich von O her erneuern und daran anschliessend in kurzer Zeit über ein ausgedehntes WNW-Gebiet vorstossen. Hatten wir schon aus der Möglichkeit Horizonte von wenigen Metern Mächtigkeit über 400 km hin zu verfolgen auf die grosse Ebenheit im südl. Randgebiet des Altrot-sandstein-Festlandes geschlossen, so bestätigt sich dieser Schluss angesichts dieses weitreichenden Meyendorfi-Vorstosses. Es herrscht hier die Eintönigkeit der kontinentalen Ruhe. Sie schliesst die epirokinetische Bewegungsart nicht aus, die vielmehr zum Normal-Bild des ganzen gehört.

Überblick.

Zusammenfassend können wir über die Dolomitabteilung d) etwa folgendes sagen:

1. Der d)-Horizont, als unterstes Oberdevon durch das erste Auftreten von *Spirifer verneuili* bzw. *archiaci* charakterisiert, kann

mit seinen überwiegend aus Dolomit bestehenden Bänken durch ganz Lettland von Estland her bis fast an die Ostsee heran verfolgt werden.

2. Bei einer über 400 km gleichbleibenden durchschnittlichen Mächtigkeit von 5—11 m lässt sich nur im W, wo in zunehmendem Masse Ton zwischen die normaleren Dolomite eingeschaltet wird, eine petrographische Gliederung vornehmen in obere und untere, harte Wasserfall-Dolomite mit Platyschisma, zwischen denen eine Tonbank liegt.

3. Kreidezwischenbänke, welche auf saline Ausscheidungen bezogen werden können, treten stark zurück. Es fehlt aber auch hier nicht an brekziösen Geröllzwischenlagen, welche mehrfach völliges oder fast völliges Auftauchen von Teilen des Meeresbodens über NN beweisen. Ein allgemeiner Meeresrückzug im westlichen Teil wird durch die obere Grenzbrekzie angezeigt.

4. Im östlicheren Dünagebiet liegt eine braune Eisenansammlung auf Klüften in der unteren Hälfte, im untersten Dünagebiet eine schwache Roteisenansammlung in der oberen Hälfte der Dolomite.

5. Die Fauna ist in d) ungleich reichhaltiger als in c), auch mannigfaltiger als in b), und recht marin. Als normal-marin kann sie freilich nur im östl. Welikaja-Gebiet, in der Randzone des tieferen Ostbeckens gelten. Die erstaunliche Individuenmenge in den bankweise erscheinenden Schneckenkolonien, die Rifffzonen von Stromatoporen, das Erscheinen von bankweise reichlichen Spiriferen und eine gewisse Eintönigkeit der Tiergemeinschaft gemahnen noch immer an die Nachbarschaft des trockenen Kontinents.

6. Gleichwohl ist eine ausserordentliche Belebung des Randbeckens festzustellen, welche in der Üppigkeit der oberen Spirifer-Rhynchonella-Zone an der Welikaja und in der gleichzeitigen Ausbreitung der marinen Formen über das vorher (c) als breiter Wattenschlickgürtel vorliegende Gezeitengebiet zum Ausdruck kommt.

7. Die äussersten Wellen dieses „Meyendorfi-Vorstosses“, welcher namentlich auch reichlich Productellen nach Kurland brachte, spülten nun wieder neue Sandmassen von der flachen Küstenzone des Altrotsandstein-Kontinents in das Becken.

Die Sand-Ton-Abteilung des „oberen Altrotsandsteins“ e)—g).

Der Meyendorfi-Vorstoss war die letzte grosse Unternehmung des alt-oberdevonischen Meeres in Lettland. Die nach oben zu abschliessende Grenzbrekzie bezeichnet die Emersion des Meeresbodens kurz vor dem Ende der Dolomit- bzw. Kalkproduktion. Es erscheint nun genau so wie vor Beginn des Vorstosses das weit überwiegend aus Ton bestehende Sediment eines Gezeiten-Schlickes; es werden bereits sandige Einspülungen erkennbar und ähnlich wie im Nordrandgürtel von c) kommt es nun wiederum zu einem ausgeprägt salinaren Abschluss durch die Ausscheidung von recht bedeutenden Gipslagern. Das ganze fassen wir mit dem Buchstaben „e)“ zusammen, während eine nachfolgende, überwiegend sandige Abteilung als „f)“ und die obersten dolomitisch-salinaren und sandigen Lager als „g)“ unterschieden werden.

Die tonig (-dolomitische) Stufe e) mit Gipslagern.

Unter Zerschlagung seines jüngsten, dolomitischen Sedimentationsproduktes wich der Karbonat-ausscheidende Meeresteil weit gegen SO zurück. In Lettland und Estland sehen wir nun von der Ostsee bis über die Welikaja hinaus zunächst eine grosse einheitliche Ton- bzw. Dolomitmergel-Abteilung. Wir können sie zunächst wieder regional skizzieren.

Im Dünagebiet

kennen wir e) nur im tiefer gelegenen Westteil abwärts von Gr. Jungfernhof. Hier, gegenüber der Station, reicht die Unterkante 4 m über die Düna. Es zeigt sich nach Grewingk (S. 52) ein allmählicher Übergang aus dem Dolomit in den hangenden Mergel und linksufrig ist diese tonreiche Abteilung 8 m mächtig aufgeschlossen. v. Rosen hat etwas unterhalb von Lennewaden folgendes im ganzen 16—17 m mächtige Profil aufnehmen können (es ist nur noch teilweise sichtbar; etwas abgeändert):

Quartär

	3—4 m	Dolomitton, verrutscht
	1,0 m	hellgrauer Dolomitmergel
	2—3 m	blauer und roter Dolomitton
	1,61 m	weisser und roter, glimmerhaltiger Sandstein
e	3,2 m	blauer und roter Dolomitton
	0,64 m	grünweisser Kalksandstein, stark glimmerhaltig, unten hart
	3,2 m	(ca.) blauer und roter Dolomitton
	0,64 m	hellgrauer Dolomitmergel
	1,0 m	blauer und roter Dolomitton.

d bunter Dolomit.

Ich habe etwas unterhalb Lennewaden am Steilufer ein weniger mächtiges Profil aufgenommen. An ihm ist von einem allmählichen Übergang aus d) nur sehr wenig zu sehen. Die Schichtbänke sind ähnlich scharf begrenzt, wie jene an der Basis von b₁). Die kräftig bunte Farbe tritt neben dem Grau überall gut heraus. Südl. Lennewaden sind an der Düna die tieferen Mergel und Dolomite oft stark sandig, und letztere enthalten reichlich Panzerfisch- und Crossopterygier-Reste (*Bothriolepis*; *Holoptychius*). Auf Schichtflächen des mergeligen Dolomits trifft man öfter kleine Bohrgangzylinder in Menge an. Diese Bänke ziehen flussabwärts über den Kalkofen fort, heben sich vorübergehend mit 10°. Nach Verdeckung des Devons durch groben Flussschotter und durch Sand folgt dann unter der ansteigenden Strasse der Steilhang, an dem Fig. 20 gezeichnet wurde.

An der Oger gibt es reichlich Aufschlüsse von e). Bei Oger selbst sind sie meistens nicht gut (Fig. 19), doch bildet hier e) die Unterlage des Diluviums (Fig. 25), das vielfach sehr viel von dem bunten e)-Material aufgenommen hat.

Südöstl. Station Üxküll zeigt das rechte Steilufer der Düna 4,7 m d)-Dolomite mit dünnen Tonzwischenlagen. Gegenüber der Elsterinsel fallen die gleichen, hier mächtigeren Dolomite am Südufer der Düna von 5 m mächtigem c)-Mergel ab deutlich gegen NW unter grünen Ton ein, der weiterhin etwas von Diluvium verdrängt ist. Aber über diesem Ton erscheint nun hier das ausgedehnte Gipslager von Dühof (Livmuiža, östl. Nāvessala). Es ist nirgends etwas

von einer Aufbiegung, noch etwas von den d)-Dolomiten zu sehen, welche ja nochmals erscheinen müssten, wenn die Dünhof-Gipse, wie C. Grewingk geglaubt²⁰⁾ hatte, in der d)-Abteilung oder gar in c₂) liegen würden. Nirgends ist ein Anhaltspunkt für eine Verwerfung, welche das Bild in diesem Fall erklären könnte. Im übrigen sind die Ausführungen Grewingk's 1861, S. 271, bereits von Baron Rosen bezweifelt worden. Es spricht ja auch das Erscheinen tiefliegender d)-Dolomite, deren Oberkante im W des Dünhofer Gebietes nahe dem Dünaspiegel liegt (Steinbruch v. Ragge, n. Tschabin) gegen das höhere Alter des Dünhofer Gipses. In dem bereits von C. Grewingk in seinem Aufsatz über den Dünhofer Gips²¹⁾ ganz kurz erwähnten Ragge-Steinbruch hat man

- ca. 3 m quartäre Sande
- ca. 2 m quartäre Schotter
- ca. 3 m rote Moräne
- bis 5 m über die Düna emporreichend d)-Dolomite, zu oberst die konglomeratisch-brekiöse Grenzbank.

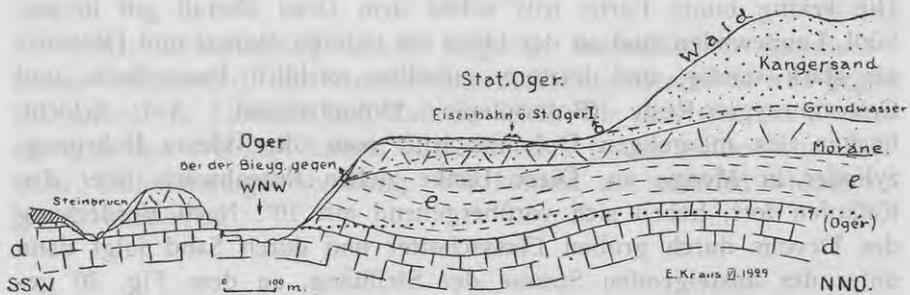


Fig. 25. Profil durch die Stadt Oger.

Nördlich gegenüber sind bei Lipschi die ausgedehnten Steinbrüche der d)-Abteilung, deren Bänke gleichfalls in etwas geringerer Tiefe liegen als der Gips des Schipping-Bruches. Nur nördlich von diesem erheben sie sich ein wenig über den Gips. Dieser Gips gehört nun

²⁰⁾ C. Grewingk, Über zylindrische Strudel- und Sickergruben im devonischen Gipslager bei Dünhof, oberhalb Riga.

²¹⁾ C. Grewingk, Geol. v. Liv- und Kurland, Archiv f. d. Naturk. Liv-, Est- und Kurlands I. Serie, Bd. II, S. 745. Dorpat 1861. Bisher haben unsere genauen Profilaufnahmen in c₂ nirgends Gips nachgewiesen.

aber nicht zu e), sondern zu c₁), wie man sich an dem N-Gehänge östlich von den Kalköfen (Jaunsem-Lipschi) flussaufwärts bis Stilbestepin an zur Zeit ganz leidlichen Aufschlüssen überzeugen kann. Es ergibt sich im N der Düna ein flacher Schichtensattel. Dagegen darf dieser nach Süden nicht verlängert werden. Vielmehr liegt hier eine flache, annähernd in SW—NO-Richtung streichende Mulde mit d) in den Flügeln und e)-Mergel, sowie dem Gipslager im Kern. Die zuletzt auch von Doss²²⁾ übernommene Vorstellung eines NNW durchstreichenden Sattels ist also teilweise irrig.

Die Muldentiefe im Süden ist nicht ganz unbedeutend, denn die zur Klärung der im Interesse des Dahlenschen Kraftwerkprojektes von mir veranlasste Probebohrung in Dünhof südlich der Schereninsel hat das folgende Profil durchsunken:

Schichtenfolge der 25 m-Bohrung 500 m WNW des ehem. Gutes Dünhof (Oestl. Navessala).

e3) Graue Gips-Ton-Abteilung 9,8 m erbohrt:

1. Weisser Gips, Dolomitmergel, Dolomit; gemischte Bohrprobe	0,00—2,24 m
2. Grauer Ton	—2,53 m
3. Dolomitmergel, Dolomit und Gips, zerstossene, gemischte Bohrprobe	—2,82 m
4. Brauner und weisser Gips mit grauen Dolomitmergel-Zwischenlagen	—2,95 m
5. Grauer Ton	—3,00 m
6. Bräunlichgrauer Dolomit	—3,06 m
7. Weisslicher, mergeliger Dolomit mit Gipslagen, zerstossene Probe	—4,45 m
8. Grünlichgrauer Ton mit Gips	—5,47 m
9. Brauner und weisser Gips mit Mergelzwischenlagen	—6,12 m
10. Grüngrauer, ziemlich fetter Ton, hell und dunkel, mit etwas Gips und gelegentlich Dolomitbänkchen	—9,16 m
11. Grauer, mergeliger Dolomit, wechselnd porös, mit feinen Bitumensch. etwas Gips-Zwischenlagen	—9,80 m

²²⁾ Vgl. Korr.-Bl. Naturf. Verein Riga 36, S. 50, 1893. In einem vorl. Gutachten hatte sich auch Bogdanowitsch der Grewingkschen Auffassung angeschlossen, obwohl schon Baron Rosén 1863, S. 33, ausdrücklich diese Auffassung als Vermutung bezeichnete, die durch Gelände-Beobachtungen keine Stütze finde.

- e2) Bunte Dolomit-Ton-Abteilung; in der oberen Hälfte mit Kalk und Asche. 12,93 m:
12. Dunkelgrauer Ton 9,80—9,93 m
 13. Dichter, hellbräunlicher Dolomit —10,05 m
 14. Grauer, mergeliger Dolomit, oben tonig mit schwärzlicher Bitumenlage —10,30 m
 15. Grauer Ton —10,42 m
 16. Hellgrauer, mergeliger Dolomit —10,55 m
 17. Grauer Ton mit mergeligen Dolomitmänkchen (zerstossen) —10,67 m
 18. Hellgrauer, feinschichtiger, mergeliger Dolomit —11,00 m
 19. Weisse, kreidige Kalkmergel-Asche —11,21 m
 20. Nachfall von oben —11,49 m
 21. Mergeliger Dolomit in feinen Schichten —11,61 m
 22. Harter Dolomit, bräunlich-rötlich geflammt —11,67 m
 23. Bunter (grau und rot geflammt) Dolomit mit Kalzitdrusen —12,00 m
 24. Dolomitischer, etwas kalkiger Ton, rosa —12,15 m
 25. Kreidige Rauhwacke, mergeligkalkig; zerstoßen, weiss und rosa —12,55 m
 26. Dolomitmergel bis dichter Mergel dolomit, feinschichtig oder rot geflammt, unten etwas violettroter Ton —12,86 m
 27. Weisse, kreidige Kalkasche, in brekziösen Dolomit übergehend —13,00 m
 28. Magerer Dolomitmergel, hellrosa, violett und ziegelrot, braust sehr mit HCl —13,19 m
 29. Grauer und hellrötlicher Dolomit, dicht —13,42 m
 30. Kalkig-dolomitischer Mergel, rosa —13,58 m
 31. Grauviolett-rötlich geflammt, dichter Dolomit —14,29 m
 32. Schneeweisse, kreidige Kalkasche —14,46 m
 33. Grauer, harter, dichter Dolomit, blassbunt —14,83 m
 34. Blassziegelroter, magerer, kalkig-dolomitischer Mergel —15,00 m
 35. Grauer und blassrötlicher Dolomit, dicht —15,30 m
 36. Weisse, kreidige Kalkasche —15,40 m
 37. Rötlichgrauer Dolomit, hart, mit Hohlräumen oder mergelig-dicht —16,19 m
- in 16,10 m Tiefe tritt zuerst und zwar artesisch, Grundwasser auf, welches bis zu 4,93 m über Gelände

emporstieg bei 7°55 Temperatur und einer Gesamthärte von 16,3.	
38. Stumpfviolettroter, fetter Ton	—16,22 m
39. Bunter Dolomitmergel	—19,25 m
40. Grauer Mergel	—16,31 m
41. Blassrötlicher Dolomit	—16,33 m
42. Dunkelvioletter, fetter Ton	—16,39 m
43. Weisslicher Dolomit	—16,40 m
44. Dunkelvioletter Ton	—16,45 m
45. Dolomit	—16,47 m
46. Dunkelvioletter Ton	—16,50 m
47. Dolomit, oben hart, bräunlich, mit Lücken wie Platschisma-Dolomit	—16,64 m
48. Dunkelgrauer Ton	16,64—16,66 m
49. Dolomit	—16,70 m
50. Blaugrüner, fetter Ton	—16,765 m
51. Bräunlicher Dolomit	—16,785 m
52. Blaugrüner, fetter Ton	—16,87 m
53. Dolomit	—16,89 m
54. Blaugrüner, fetter Ton	—16,98 m
55. Dichter, harter Dolomit	—17,11 m
56. Blaugrüner, fetter Ton	—17,55 m
57. Harter, poröser Dolomit, darunter dicht, rötlich geflammt	—18,29 m
58. Blassziegelroter, etwas kalkiger Mergel, mager	—18,49 m
59. Roter und hellgrauer, mergeliger Dolomit, dicht	—19,11 m
60. Roter und grüner Ton	—19,31 m
61. Mergeliger, dichter Dolomit	—19,35 m
62. Roter und grauer, weicher Dolomitmergel, braust mit HCl wenig	—20,54 m
63. Grauer, mergeliger Dolomit	—20,62 m
64. Grauer und roter Mergel, weich	—20,96 m
65. Dolomitmergel, grau	—21,00 m
66. Dolomitmergel hellgraugrün und blassviolett	—21,32 m
67. Violettgrauer Ton, teilweise dunkel	—22,11 m
68. Grauer Dolomitmergel mit roten Zwischenschichten	—22,28 m
69. Rotvioletter Ton	—22,46 m
70. Weisslicher, etwas schaumiger Dolomit	—22,73 m

e1) Bunte Sandstein-Ton-Abteilung 2,27 m
erbohrt:

71. Stumpfviolettroter und weissgrüner Sandstein, öfter stark tonig	—23,15 m
72. Weisslicher und violetter Ton	—23,46 m
73. Violetter, mergeliger Dolomit, etwas sandig und kalkig	—23,79 m
74. Hellgrüner, tonreicher Sand	—23,90 m
75. Wechselnd toniger Sandstein: 24,5—24,8 Kugelsandstein wie bei Brambergshof	—24,82 m
76. Toniger Sand bis Letten, violettrot, ziegelrot, hellgrün, teilweise kalkreich	—25,00 m
	Ende der Bohrung.

Es hat sich somit eine Mindestmächtigkeit von 25 m für die e)-Abteilung ergeben, wobei erst in etwa 28 m Bohrlochtiefe (bei Brambergshof ist der Kugelsandstein etwa 3 m über der d)-Grenzbekzie) die Unterkante von e) erreicht worden wäre. Da das Dünhofer Bohrloch in einem alten Granattrichter nur etwa 1,5 m über dem mittleren Wasserspiegel der Düna angesetzt wurde, so muss sich die Oberkante von d) zwischen Ragge (5 m über der Düna) und dem Bohrloch, also auf 1,8 km Entfernung, um rund 31 m gegen Osten senken. Etwas kräftiger muss der Anstieg gegen den Gips des alten Schippingbruches im NW sein.

Die Bohrung hat also diese Muldenlagerung bestätigt. In ihren tiefsten Schichten sind die gleichen sandigen und Kugelsandsteinbänke erreicht worden wie sie mit reichlichen Panzerfischen bei Lennewaden und weiter flussabwärts bei Brambergshof auftreten. Diese, teilweise sandige, lokal als e₁) ausscheidbare Abteilung hat rund 5 m Dicke (bei Lennewaden reichen die Sandsteine 10,3 m empor). In Abt. c) habe ich nirgends solche Bänke gefunden.

Es folgt nun eine dünnbankige Serie von grauem oder buntem Ton, Dolomitmergel und Dolomitbänkchen mit 12,93 m Mächtigkeit: „e₂)“. In ihrer oberen Hälfte fallen 5 Zwischenlagen von kreidigweisser Kalkasche bezw. Rauhwasche auf, welche genau dasselbe Aussehen haben wie jene Zwischenlagen in c), und die wir auf ehemals vorhanden gewesenes Salz zurückgeführt haben. Wir sind hierzu umsomehr berechtigt als die weiter oben liegenden Gipsbänke solche Begleitaschen nicht besitzen. Es ist darum offenbar in der Haupt-

sache kein Gips ausgelaugt worden. Genau wie in c) erscheint auch jetzt ein hoher Kalkgehalt der oft mit kräftig ziegelroter Farbe verbunden ist²³⁾. Auch die sehr feine Schichtung, der mitunter bedeutende Bitumengehalt, die Fossilarmut der Bänkchen fehlt nicht.

Zu oberst liegt die mit 9,8 m erwähnte, zusammen mit den noch im Gipsbruch anstehenden Bänken aber mindestens 13 m mächtige Gips-Tonabteilung „e3)“. Für die in den Dünhofer Brüchen aufgeschlossenen, Gips-reichen Bänken gibt C. Grewingk 1861 S. 270 etwas über 5 m Mächtigkeit an. Es ist eine nicht-bunte Folge von grauem Dolomitmergel, blaugrünem Ton und weissem oder grauem Gips. Der letztere hat die verschiedenartigste Ausbildung (weisser Faser- oder grobkristalliner Gips, grauer Bankgips, braune bituminöse Gipsaugen und -Rosetten). Sehr auffällig sind die Wellenfurchen, welche einst dem Ton eingeprägt und dann später durch Gips abgeformt wurden. Auch schwarze, glänzende Kohle haben wir hier aufgefunden. Gekrösefaltung durch Aufquellen und Brekzienbildung im Dolomit ist öfter zu sehen.

An den Wänden der Steinbrüche erscheinen prachtvolle geologische Orgeln, also Auflösungsrohren und Trichter, in welche hinein das über dem Gips gelegene Quartär tief hinab gesunken ist (Fig. 26). C. Grewingk war der Ansicht, dass hier eine Kombination von Strudellöchern (oben) und Sickerlöchern (tieferer Röhrenteile) vorliege. Ich sehe keinen Grund eine Ausstrudelung anzunehmen. Biegen sich doch alle Schichten, auch die obersten, gipsführenden Mergel, sehr regelmässig gegen den Trichter zu nach abwärts. Auch sind die Wandungen der Zylinderröhren echte Auflösungsflächen. Bis in senkrechte Stellung sind die braunen, darüber schwärzlichen Orterdesande beim Versinken in die Auflösungsrichter umgestellt worden.

Nach einem sanften, Düna-abwärts anschliessenden d)-Sattel, der mit NW-Fallen (rechtsufrig) bzw. Südwestfallen (linksufrig) bei der Fähre zu Ende ist, schliesst sich nun am südl. Ufer über 11 km weit (bis jenseits Keckau) ein ziemlich wenig unterbrochener Ausstrich der bunten e₁)-Tone über der da und dort flache Stromschnellen bildenden d)-Oberkante an. Am nördl. Ufer hat freilich die Düna

²³⁾ Die gleiche Kombination von Kalkgehalt und ziegelroter Färbung habe ich in den ganz ähnlich zu beurteilenden Schichten des Salz- und Gipskeupers von Lothringen nachgewiesen. Vgl. E. Kraus „Lothringen“ Teil 2 der „Geol. Forschungen v. d. Kriegsschauplätzen 1914—18“. Gebr. Bornträger, Berlin 1925, S. 91.

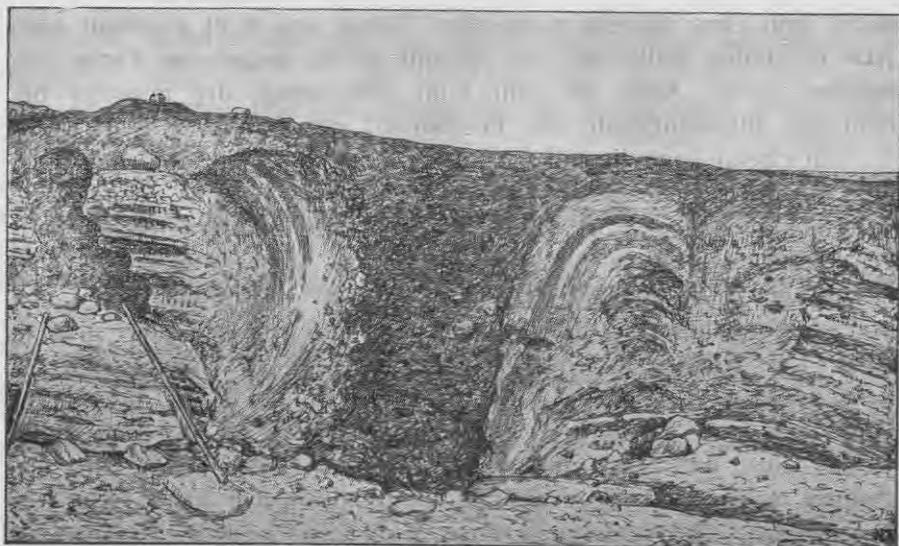


Fig. 26. Geologische Orgeln mit eingesunkenem Quartär im Gipsbruch Dünhof an der Düna. Nach Phot. von H. Bielenstein gez. N. Delle.

dies: weichen e)-Schichten bei ihrem oft wiederholten Durchbruch von Kurtenhof nördl. zum Jägelsee-Stintsee fortgenommen und dafür die groben Schotter und Sande des dortigen Terrassengebietes abgelagert. Erst südl. Kurtenhof an der Strasse und westl. gegenüber der kleinen Martinsinsel setzen wieder die bunten e,-Tone unter der Moräne ein (Fig. 23). Zu bemerken ist, dass westl. bei Balgil (linkes Ufer) in dem grasgrünen Ton sandreiche Kalzit-Skalenoëder und glashelle, flache Rhomboëdertafeln in Menge auftreten; daneben in dem roten Ton Faserkalzitbänkchen, deren Fasern gegen die Schichtfläche mit Rhomboëdern endigen.

An dem etwa 17 m hohen Steilufer gleich unter Bramberghof (Krasta maja), etwa 2 km oberhalb der Dünaverzweigung, trifft man unter quartärem Sand und Moräne den bunten Ton (Fig. 27). In ihm ist eine 25 cm mächtige Sandbank mit massenhaften, dicken, braunen Panzerfisch-Bruchstücken kreuz und quer gelegen. Diesen Fundort hat wohl Br. Doss 1895²⁴⁾ untersucht. Es konnten hier einstweilen bestimmt werden die Gattungen *Bothriolepis*, ausserdem *Holoptychius* mit grossen Schuppen.

²⁴⁾ Korrespondenzblatt Nat. Ver. Riga 38, 1895, S. 108 ff.

Dünaabwärts, etwas westlich bei Keckau an der Fahre trifft man das Profil: 1,5 m Sand mit Tonschmitzen, darunter 2 m Moräne, 3 m grüner, unten kräftig roter Ton des Oberdevons. Zu unterst sandig-grauer Dolomit mit Placodermenresten. e) trägt hier überall einen Quellhorizont.

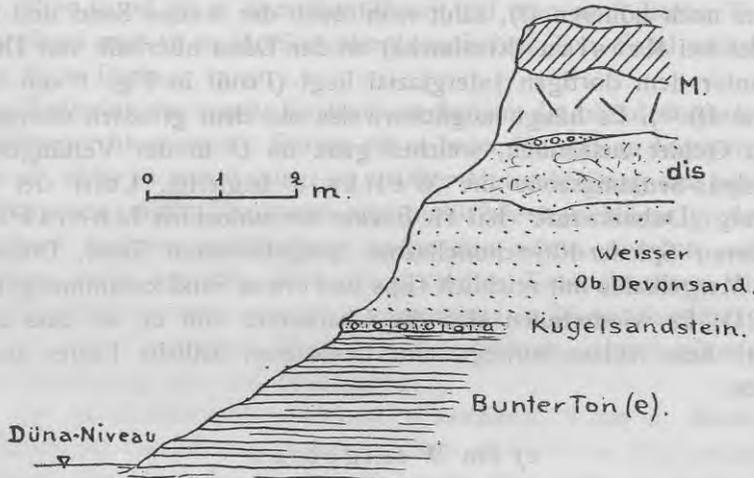


Fig. 27.

Profil an der Schlucht W in Brambergshof. dis = Diluvialgrand und -Sand. M = geschieberriche Moräne mit Sand- und (oben) Ton-Schollen des Devons.

Das Gipslager von Kurtenhof (Stopiņi) gehört zu c_1). Die von der Stadt zwischen Düna und Jägel ausgeführten 12 Bohrungen 10–25 m tief haben^{24b)} freilich grosse Uebereinstimmung der Gesteine mit jenen von Dünhof ergeben. Während in der unteren Hälfte des 7 m tiefen Böhmschen Steinbruchs in Seltin zwei Gipsbänke von 1,2 bzw. 1,6 m Dicke, überlagert von 0,75 m Gips-Dolomitwechsel und 3 m braunem und rotem Ton liegen, fand sich auch sonst bei Seltin auf 4–8 m Profildicke überwiegend Gips, desgleichen weiter im NW bei Desu und Trifon. In Bohrung 7 (Trifon) überwiegt Gips zwischen 5 und 14 m Tiefe (darunter eine 2,28 m-Bank). Bei Bohrung 4 (bei Seltin) wurden Manns-hohe Höhlen gefunden. Die Unterlagerung der hier gut aufgeschlossenen d)-Dolomite durch die Gipsmergel ist nicht zu sehen.

^{24b)} Leitung der Bohrarbeiten: Ing. Taumann.

e) südlich und östlich der Düna.

Dem gleichen e₃) gehören wohl ohne Zweifel die Gipsvorkommen von Baldohn-Barbern und zum Teil jene weiter südlich gegen Litauen an. Bei Bauske erscheinen nach v. Toll über d) graue und blaue Tone und glimmerhaltige Mergel mit Sandsteinzwischenlagen, die Fischreste enthalten. Zu der sandig-tonigen Abteilung von e), vielleicht zu einer noch höheren (f), zählt wohl auch der weisse Sand und rote Ton, der bei Kraslau (Kreslawka) an der Düna oberhalb von Düna-burg unter dem dortigen Interglazial liegt (Profil in Fig. 1 von Ostbaltikum II)²⁵⁾. Es hängt möglicherweise mit dem grössten oberdevonischen Gebiet zusammen, welches ganz im O in der Verlängerung der Peipus-Senkungszone die Welikaja begleitet. Unter der Bezeichnung „Dubnikstufe“ hat H. Bekker die südöstlich Isborsk über der oberen Spirifer-Rhynchonellazone ausgebreiteten Tone, Dolomitbänke, Mergelkalke mit reichlich Gips und etwas Sand zusammengefasst (Fig. 21). Es wiederholen sich die Charaktere von e), so dass auch für „e“ kein Anlass vorliegt, eine besondere, östliche Fazies auszuscheiden.

e) im Westgebiet.

Wenden wir uns nach W, so vermitteln dorthin die Mitauer Bohrungen. In Mitau I wurden durchfahren (vgl. Fig. 4)

		Bohrlochtiefe
Vertretung v. e/f	44 m Ton, dolomitischer Mergel u. mergelige Dolomitbänke, mitunter sandig, bunt	15—59 m
e)	13,5 m Sandstein und Sanddolomit mit Tonbänken, wenig mergeliger Dolomit; blass-bunt	59—72,5 m
d)	17,5 m Ton u. dolomitisch. Tonmergel, bunt	72,5—90 m
	vergl. Fig. 4	

Ähnlich traf man die e)-Abteilung in Bohrung Mitau II, während die übrigen unter Mitau angeführten Bohrungen nicht exakt genug festgelegt sind, um dieses Bild etwa zu verschieben.

Die Zunahme der tonigen, namentlich aber sandigen Einschaltungen gegen das Festland im N bedingt hier eine bedeutende Mächtigkeit

²⁵⁾ E. Kraus, „Ostbaltikum II“, Tertiär u. Quartär. Geologie d. Kriegsschauplätze, Gebr. Bornträger, Berlin 1928.

keitszunahme, ausserdem auch einen raschen Fazieswechsel, der einen direkten, sicheren Schichtvergleich ausschliesst. Die Bohrung Mitau II hat Sand zwischen 58,6 und 72,0 m Tiefe erschlossen. Es ist wahrscheinlich die Vertretung des Brambergshofer Sandhorizontes, oder vielleicht ein noch höherer e)-Teil. Ein anderer Bohrpunkt, in dem e) angetroffen wurde, liegt bei Station Behnen, WSW Mitau. Hier (rund 65 m über dem Meer) traf man nach Baron Toll unter 1 m Sand und 16 m Moräne oberdevonischen Ton, Sand und Dolomit von 16 m Dicke.

Weiterhin im westl. Kurland erscheinen die oberdevonischen Aufschlüsse recht zerstreut. Darum ist es beim Mangel an leitenden Fossilien oft nicht zu entscheiden, zu welcher Unterabteilung das betreffende Vorkommen zählt. Überhaupt sind natürlich Aufschlüsse in der überwiegend tonigen e)-Abteilung unter der schon ziemlich mächtigen Moräne recht spärlich. Nur die geringen Tonvorkommen über den Productella-Dolomiten von d) kommen hier in Frage. Sandiges unteres e) mit viel Fischresten liegt z. B. bei Puhren, östlich Kandau, und bei Hohenberg mit viel Fischresten.

Im nördlichsten Deutschland (Purmallen, 5 km n. Memel, Memelland) ist Oberdevon zwischen 260,5 und 276 m über mitteldevon. Dolomit mit Versteinerungen erbohrt²⁶⁾. Die tonig-sandigen Gesteine entsprechen durchaus jenen unseres e)-Horizonts.

Die kürzlich von J. Dalinkevičius (New points in Lithuania and Courland Geology, Illustrierte Monatsschrift Kosmos, 9, Nr. 7—8, Kowno 1928; litauisch mit engl. Zusammenfassung) gemachten Angaben beruhen offenbar z. T. auf Verwechslung von Oberdevon und Perm.

Zusammenfassung.

Will man die noch verhältnismässig wenig geklärte Abteilung e) in Lettland zusammenfassend betrachten, so kann man heute sagen:

- 1) Es lassen sich unter den gut bekannten Vorkommen deutlich zwei Hauptverbreitungsbezirke unterscheiden:
 - a) im Bereich der Peipus-Senkungszone im O,
 - b) im Bereich der lettländischen Senkungszone, von der Ausläufer nach W in nur sehr unbedeutender Entwicklung auftreten.

²⁶⁾ C. Grewingk, Das Bohrloch von Purmallen bei Memel, S.-Ber. Naturf.-Ges. Dorpat 1877, S. 559 f. A. Tornquist, Geol. v. Ostpreussen. Gebr. Bornträger, Berlin, 1910, S. 15.

- 2) Mächtiger Profile zeigen lokal eine 3-Gliederung in eine untere bunte Tonabteilung von 5—10 m Mächtigkeit mit Einschaltungen von Sand bzw. Kugelsandstein (e_1), in eine mittlere, bunte Dolomit-Tonabteilung von rund 13 m Dicke, ehemals offenbar Steinsalz-führend (e_2), und eine obere graue Dolomit-Tonabteilung mit mächtigen Gipslagern von rund 13 m Dicke (e_3).
- 3) Der Versuch eines genauen Schichtvergleichs führt zum Ergebnis, dass die Mächtigkeiten und lithologischen Eigentümlichkeiten von Ort zu Ort viel stärkeren Schwankungen unterliegen als in b) und d). Die Mächtigkeiten in der Mitauer Senke sind bedeutend grösser als an der Düna.
- 4) Mächtigere Gipslager sind aus den beiden Hauptverbreitungsgebieten bekannt; sie gehen örtlich vielleicht nach e_2) hinab, liegen bei Isborsk nahe über d).
- 5) Marine Fossilien sind bisher aus keiner Schicht bekannt geworden. Versteinerungen beschränken sich auf die, mitunter sehr reichlich auftretenden Panzerfischreste, von Bothriolepis, dann von *Holoptychius*, die an sandige Zwischenbildungen geknüpft sind.

Hinsichtlich der Genese lässt sich sagen, dass nach dem Rückzug des Meyendorfi-Vorstosses (obere Grenzbekzie von d!) mit e) -eine Zeit der Wattenschlick- und Küstenplattform-Sedimentation einsetzte. Die Tone mit *Dipterus* und *Fucoiden* erinnern an die Zustände der b_1)-Zeit. Die starke Steinsalz- bzw. die regional ausgreifende Entwicklung von Gipsausscheidungen mit fossilfreien Dolomitzwischenlagen führt uns das Bild der salzigen Küstenlagunen vor Augen. Die bunten Färbungen der Tone, die Sandeinlagen, die offenbar auf Landpflanzen zurückzuführenden Khlestücke beweisen die starke Mitwirkung des Festlandes bei der Sedimentproduktion. Die einzigen Reste des amphibischen Lebens in der Festlands-Randzone sind die Reste der Panzerfische und Lungenfische. Damit wiederholt sich in der Hauptsache schon die palaeogeographische Lage der Altrotsandsteinzeit a). Sie wird in der nachfolgenden Zeit noch eindeutiger.

Die obere Altrotsandstein-Ton-Abteilung f).

ist uns gut nur aus den Bohrungen in der lettischen Senkungszone bekannt (Riga, Mitau I und II, Dünamünde, Schlock). Nach O hin

fehlt sie im livländischen Höhegebiet, setzt im Welikajagebiet wieder ein, um sich in der weiten Depression des Schelon und im russischen Kreise Cholm auszubreiten. Nach W lässt sich deutlich eine sandreiche Zone von Gemauerthof, Strutteln-Kingut und Gaiken über die Windau hinaus verfolgen. Sie wurde früher von Grewingk als ein Gürtel des unteren Altrotsandsteins angesehen.

Mehrere Bohrungen im Festungsbereich von Dünamünde haben die zu f) zählenden Sandsteine in grosser Mächtigkeit erschlossen. Die ältere von der Firma Kalt 1928 für die Stadt Riga fertiggestellte Bohrung hatte nachfolgendes Ergebnis (nach dem Bohrjournal und den im geol. Institut liegenden Bohrproben):

Bohrung für die Stadt Riga in Dünamünde an der Swine-Strasse, Ansatz etwa 1 m über NN:

	Mächtigkeit
0—30,65 m alluvialer Sand und Grand. 2 m tief mit Seetang und Holz, 12,55—13,40 m tief: grober Grand mit Muscheln	30,65 m
—44,75 m diluvialer Sand, Geröll, Geschiebemergel, unten harte Geschiebe	14,10 m
—61,25 m roter und grauer Sandstein mit einigen Tonlagen	16,50 m
—64,90 m roter, harter Ton	3,65 m
—67,31 m grauer Sandstein	2,41 m
—68,48 m hellblauer Ton	1,17 m
—74,20 m Sandstein, oben grau, unten rot	5,72 m
—76,35 m roter Ton	2,15 m
—81,00 m grauer Sandstein, in der Mitte etwas tonig	4,65 m
—81,20 m harter, roter Ton	0,20 m
—81,64 m grauer Sandstein, oben locker	0,44 m
—84,15 m roter, harter Ton „mit Grand“, wohl Nachfall	2,51 m
—139,00 m roter und weisser Sandstein, unten mit Tonlagen	54,85 m
Oberdevon Summe	94,25 m

Es liegt eine durchaus mit jener des unteren Altrotsandsteins übereinstimmende Schichtenfolge vor, welche insgesamt 9,68 m Ton und 84,57 m Sandstein enthält. Trotz dieser Ähnlichkeit und trotz

der Möglichkeit von O und W die Zone des unteren Altrotsandsteins unter Dünamünde fortsetzen zu lassen, können wir uns nicht entschliessen diese Schichtfolge zu a) zu stellen. Die Bohrungen von Altmühlgraben, Kundsingholm, Solitude, Sassenhof, Riga, welche ich in einer besonderen Arbeit über das Profil der Lettischen Senke anführe, würden dieser Zuteilung durchaus widersprechen.

Auch die Bohrungen in der Zellulosefabrik von Schlock haben mich, ähnlich wie jene von Mitau, zu dem Schluss geführt, dass diese Sandsteine der f)-Abteilung angehören, welche allein in der verhältnismässig tiefen lettischen Senkungszone so mächtig ist. Die 1929 durch die Firma E. Bieske, Königsberg, in Schlock (beim kleinen Kesselhaus der Fabrik, Ansatzhöhe ca. 4 m NN), fertiggestellte Kernbohrung auf Wasser hat nach dem Bohrjournal und den im geolog. Institut Riga aufbewahrten Proben in vereinfachter Form folgendes Schichtprofil durchfahren:

150 m-Bohrung der Zellstofffabrik Schlock 1929.

Bohrloch- tiefe m		Schichtmächtig- keit m	Abteilung
0—10 m	sandiges, unten 1 m toniges Quartär	10 m	Quartär
—19,80 m	blauer Ton und Dolomit. Aus 18 m Tiefe kam das erste Wasser	9,8 m	g)
—30,0 m	weisser und roter Sandstein mit etwas Ton	10,2 m	
—53,5 m	roter Ton mit „Steinschichten“, wohl Dolomitbänken	23,5 m	
—62,0 m	Sandstein	8,5 m	
—80,5 m	bunter Ton, hart	18,5 m	
—86,5 m	Sandstein	6,0 m	f)
—92,9 m	roter Ton	6,4 m	
—118,0 m	Sandstein mit Tonschichten	25,1 m	
—141,5 m	braunroter Sandstein	23,5 m	
—146,0 m	braunroter Ton	4,5 m	
—147,4 m	grüner Sandstein	1,4 m	
—150,0 m	„gemischter Ton“	2,6 m	
Gesamtmächtigkeit des durchbohrten Oberdevons:		140,0 m	

Die in Dünamünde 94,25 m mächtige Altrotsandsteinfohle f) ist unter Schlock sogar 130,2 m mächtig erbohrt, ohne dass schon die gipsreiche e₃-Etage erreicht worden wäre. Es ist aber durchaus möglich, dass hier in grösserer Entfernung vom Meere bereits die e)-Abteilung ganz oder teilweise durch die f)-Fazies vertreten ist. Auch ist denkbar, dass die Dolomit-reichere Abteilung g) hier bis 53,5 m Bohrlochtiefe herunter reicht, wodurch sich die f)-Mächtigkeit auf 96,5 m vermindern würde. Ausserdem könnte sogar der g)-Dolomit teilweise hier schon sandig vertreten sein.

Das von J. Kupziz analysierte Wasser aus 150 m Tiefe hatte folgende Zusammensetzung:

Gesamthärte (deutsche Grade) 36,4, bleibende Härte 31,0, schwankende Härte 5,4. Das Wasser gleicht einer Lösung, die im Liter enthält:

NaCl	0,0494 gr
CaSO ₄	0,4712 gr
MgSO ₄	0,2040 gr
MgCO ₃	0,1099 gr
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	0,0020 gr
SiO ₂	0,0080 gr
Zusammen	0,8445 gr

f) Westgebiet.

Gehen wir nun westlich in die kurische Halbinsel, so können folgende Vorkommen zur f)-Abteilung gezählt werden:

Bunte, tonig-sandige Bänke unter dem Zechsteinkalk bei Frauenburg; die Sande und Tone, welche wir an der neuen Bahn Riga—Libau bei 75,2—75,55 Bahn-km (unweit Schagaring) beobachtet haben (Fig. 28).

An der Windau abwärts gehend trifft man nach Zechstein östlich Puze hellgrünlichgrauen Dolomit, weiterhin am rechten Ufer nördlich Windaushof einen Wechsel von grünlichem, glimmerigem Sandstein, mit kräftiger Fein-Schrägschichtung, Tonstücken mit Fischresten, harten, bräunlichen Dolomitbänken und grünem Ton. Südlich Paischa steht rechtsufrig über 3 m grünlicher und rötlicher Dolomit; westlich Paischa linksufrig, bunter Dolomit mit grünen, teilweise ausgewitterten Tongeröllen (3,5 m), darunter über 1,3 m ein grüner, knolliger Ton. Der Steilhang unter Rudseik zeigt einen zweimaligen

Wechsel von Sandstein, darunter Ton, darunter Dolomit; ein anderes Steilufer südlich von Warkal zeigt:

Brauner Sandstein bzw. Sanddolomit bis 1,8 m,	}	3,8 m,
grünlicher Mergel		
Sandstein, grau und bräunlich, Dolomit	}	ca. 3,5 m,
Dolomit und grünlicher Mergel		
Sandstein		

Östlich Vorwerk Lizen stehen 10 m mächtige, rote und grüne, weiche Sandsteine und Tone in wagrechter Lage an.

Es ist noch nicht klar, ob die Dolomitbänke vielleicht bereits zur Abteilung g) zu zählen sind.

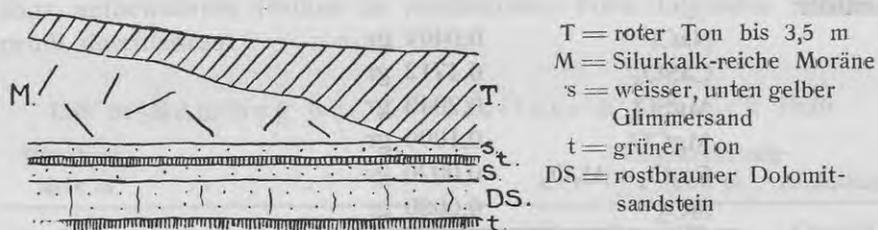


Fig. 28

Bahneinschnitt 75,2—75,5 km der neuen Libauer Bahn bei Schagaring (Oberdevon).

Drei Bohrungen älteren Datums geben uns weiterhin Aufschluss über das Oberdevon weiter im S. In Moscheiki nahe der Windau in Litauen ist nur oberdevonischer Dolomit erbohrt; ebensolcher mit *Spirifer archiaci* fand sich unter dem Zechstein in Purmallen, nördlich von Memel. Dagegen durchsank die Bohrung von Rypeiki, nördlich von Birsen (62,7 m NN), in Litauen (vergl. C. Grewingk 1877²⁷⁾, H. Scupin 1928, S. 182), unter 3,96 m Diluvialmergel und Lehm:

52,83 m grauer und gelblicher Kalkstein, dolomitischer Kalkstein, Ton und Tonmergel mit sehr zahlreichen Gipsbänken (Abteilung g),

²⁷⁾ C. Grewingk, Die Aussichten und Bedingungen eines zu gründenden baltischen Vereins für Erbohrung nutzbarer Fossilien. Sitz.-Ber. Naturf.-Ges. Dorpat 1877, S. 346 f.

84,24 m bunte Sandsteine und Ton mit etwas Kalkstein (Abteilung f).

Bisher wurden diese Schichten ebenso wie jene in den Bohrungen bei Kowno zum unteren Altrotsandstein gestellt, bezw. die höheren in Rypeiki zur b)-Abteilung, womit sie aber durchaus keine Ähnlichkeit haben (Gips! Kalkstein!).

Überblick.

Mit der Abteilung f) kehrt in jedem Punkt die gleiche Festlands-sedimentation wieder, wie wir sie vom Altrotsandstein a) kennen gelernt haben. Die örtliche, wohl über 100 m mächtig entwickelte Sandstein-Ton-Serie, die ja auch schon lange aus östlicheren Gebieten (an der Msta rund 85 m mächtig) bekannt ist, lässt sich nach den Ergebnissen der Bohrungen in Mitau und Dünamünde zu über 120 m Mächtigkeit feststellen. Die lithologische Einzelgliederung auf einige Entfernung ist ebensowenig möglich wie in a), was auf den gleichen Grund, nämlich auf den sehr lebhaften Wechsel der festländischen Ablagerungsbedingungen in Gegensatz zu den so konstanten des Meeres zurückzuführen ist. In Mitau zeigt sich eine höhere Sandmächtigkeit bereits in e). Es ist anzunehmen, dass diese Sandzunahme auch gegen NW noch weitergeht, dass also vielleicht ein Teil des f)-Sandsteins von Schlock-Dünamünde gleichartig ist mit e) im SO.

Die gipsführende Dolomit-Ton-Abteilung g)

haben wir bereits über f) in den westlichsten Aufschlüssen vorstehend erwähnt. Oberflächlich aufgeschlossen sind diese jüngsten der uns bekannten Devonablagerungen in den Zement-Steinbrüchen bei Schlock, nahe der Ostsee (Fig. 29). Es handelt sich um graue und violettrote Dolomite, die oft ziemlich tonig sind und in Dolomitmergel übergehen. Die letzteren sind ebenso wie die mittleren d)-Mergel ein geschätztes Ausgangsmaterial für Zementherstellung und werden von buntem Mergel und Ton unterbrochen. Zu unterst liegt knolliger, auf Zwischenlagen grobkristalliner oder kleinlückiger Dolomit mit roten Klüften: die Bausteinbank von Schlock. Darauf folgt in allmählichem Übergang der mergelige Dolomit, hellgrau mit roten Flammen. 1,3 m unter der Oberkante enthält er *Spirifer* sp., 1 m unter Oberkante einen feingestreiften *Spirifer archiaci*. Gegen oben erscheint in der 24 m-

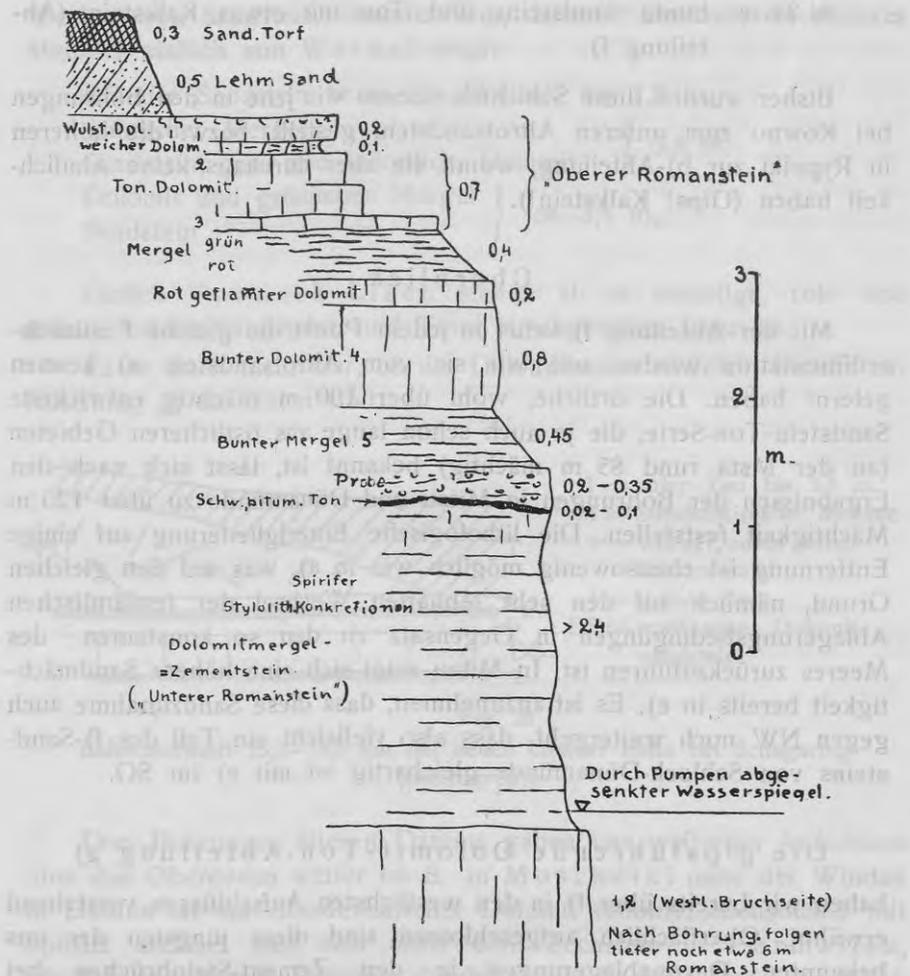


Fig. 29

Profil im oberdevon. Cementsteinbruch Lasse an der Kur. Aa SW oberhalb Schlock (Abt. g).

Bank auf 30 cm ein dichter, tonärmerer Dolomit, zu oberst 2—10 cm schwarzer, bitumenreicher Ton mit sehr viel Fucoiden-Häcksel. Es folgt ein an rundlichen Hohlräumen reicher, dichter Dolomit, 0,45 m Dolomitmergel. In dem 0,8 m-Dolomit fand sich ein gestreifter Brachiopodenabdruck. Die oberste der hier aufgeschlossenen Bänke zeigt an der Oberkante lauter dicke, wurmartig gekrümmte Wülste entweder unregelmässig gestellt oder hufeisenförmig gebogen, wie *Rhizocorallium*

bezw. Arenicola, jedoch ziemlich parallel zur Schichtfläche. Nicht selten findet man rundliche, konkretionäre Dolomitknollen im Mergel, die von kräftig stylolithischer Streifung umgeben sind.

Chemisch sind die Zementmergel ziemlich gleichbleibend. Eine von Herrn Dozent E. Rosensteins (Silikatchem. Labor. d. Universität) mir freundlichst mitgeteilte Analyse ergab (Dolomitmergel, II. Bruch von C. C. Schmidt in Schlock):

Glühverlust: 41,52%. CO_2 : 39,67%. Organische Substanz und Hydratwasser: 1,85%. In HCl löslich: SiO_2 1,32%, Fe_2O_3 0,86%, Al_2O_3 2,14%, CaO 23,42%, MgO 16,8%. Alkalioxyde: 0,7%.

Unlöslicher Rückstand 13,24%, nämlich: SiO_2 9,12%, Fe_2O_3 0,49%, Al_2O_3 1,61%, CaO+MgO 2,02%.

Die Gesamtdicke von g) bei der Zementfabrik ist nach dem durch Br. Doss²⁸⁾ mitgeteilten Bohrjournal (unter 1,3 m Alluvium) 11 m wozu noch 1,7 m im Steinbruch kommen. Darunter wurden hier 17,1 m „f“, als Wechsel von Sandstein mit Dolomit, unten mit Mergel erbohrt. Die frühere Ansicht, dass hier Mitteldevon vorliege, kann nicht gehalten werden.

In den nassen Wiesen westlich vom Bahnhof Schlock treten offenbar etwas tiefere Bänke zu Tage: dicke Bänke von dichtem, grauem Dolomit, der mit grobkörnigen grünlichen Zwischenlagen und mit feingeschichteten Bänken unregelmässig abwechselt. Unter der Zellstofffabrik Schlock ist, wie oben gesagt, g) 9,8 m mächtig erbohrt; doch könnte vielleicht der unter 10,2 m Sandstein mit Ton noch folgende rote Ton mit „Steinschichten“ des Bohrjournals und 23,5 m Dicke auch noch hierher gestellt werden.

Ein Teil der in der Lokalmoräne des Rulleka ins südlich Mitau im Zusammenhang mit einer quartären Verwerfung und Schollenabtragung aufgestapelten, sandigen, mergeligen und bunten Dolomite ist wohl auch zu g) zu stellen. Es wurden darin gefunden: Spirifer archiaci, Productella subaculeata, Rhynchonella livonica, Trochiten, Wülste von Wurmröhren. Weitere Untersuchungen sind im Gang.

Bohrungen in der Nähe des Rigaschen Strandes haben ausser in Schlock auch in Karlsbad mit über 50 m Mächtigkeit und in

²⁸⁾ Br. Doss, „Über einen artesischen Naturbrunnen bei Schlock in Livland“. Korresp.-Blatt Nat.-Ver. Riga 48, 1905, S. 109–119.

Kemmern mit 36,4 m Mächtigkeit wiederholt die g)-Abteilung mehr oder weniger durchsunken (siehe „das Profil der Lettischen Senke“). Die zahlreichen älteren und neueren Bohrungen im Untergrund von

Kem m e r n

haben ein recht gutes Bild der Schichtenfolge ergeben. Die auf dem Marktplatz in Kemmern 1885 ausgeführte Bohrung hatte nach K. F. Rugowitsch folgendes Ergebnis (zusammengezogen):

Abteilung g): 36,4 m:

4,57 m blauer Mergel

0,25 m Gips

0,76 m blauer Mergel

2,18 m Dolomit

0,30 m blauer Mergel

4,57 m Dolomit

8,58 m blauer Mergel oben mit 2 Gipslagen, unten mit mächtigerem Dolomit wechselnd

5,69 m Dolomit

0,10 m blauer Mergel

4,27 m Dolomit

5,17 m bunter Mergel oben mit 2 Gipslagen, unten mit mächtigerem Dolomit im Wechsel

Abteilung f): >9,3 m Wechsel von buntem Ton und Sand, oben eine Gipsbank von 0,38 m Dicke.

Der Gips ist als grauer, unreiner Bankgips und als weisser Fasergips entwickelt. Er wurde früher bei Pawasser abgebaut. g) ist also die dritte gipsführende Abteilung des lettischen Devons. Früher war man geneigt die gesamten gipsreichen Vorkommen als eine stratigraphisch mehr oder weniger zusammengehörige Schichtzone aufzufassen. Wir sehen heute, dass sich in Wirklichkeit diese Gipsvorkommen ihrem Alter nach weitgehend unterscheiden. Gleiches gilt natürlich für den Ursprung der Sulfat- bzw. Schwefelwasserstoff-haltigen Grundwasser und für die Erdfall-Gebiete

Da das artesisch emporsteigende Gipswasser in den Mooregebieten mit Humus- und Bakterien-reichen Schichten in Berührung kommt, verwandelt es sich in Schwefelwasserstoffwasser mit Kalziumhumat.

Ja es setzt sich H_2S mit CO_2 sogar in den elementaren Schwefel des Kemmernschen Moores um²⁹⁾.

Während die g)-Dolomite nach W sich bis über Tuckum allmählich herausheben, sinken sie östlich von Schlock tief unter Karlsbad herab. Bei Dünamünde sind sie offenbar, wenigstens teilweise, bereits abgetragen. Dagegen sind sie im

Untergrund von Riga

überall noch vorhanden.

Während am Strand in g) die Gipsführung durch das ganze dolomitisch-tonige g) herab bis auf den f)-Sandstein reicht, konnte unter Riga eine obere gipsführende („g₂“) von einer tieferen, gipsfreien Abteilung („g₁“) unterschieden werden. Die 18 nahe dem die Altstadt umschliessenden Festungsgraben ausgeführten „Citadellenbohrungen“ hatten als durchschnittliches Ergebnis³⁰⁾:

15—17,6 m Quartär

g₂) 8,8—9,7 m gipsführende Tone und Dolomite

g₁) 15,5—16,1 m gipsfreie Dolomite und Tone

f) mächtiger Sand mit dem Quellhorizont der Brunnen; oben Kalksandknollen.

Oberkante des Sandes zwischen 39,2 und 43,57 m Tiefe.

Die Bohrung am Bahnhof Riga³¹⁾ (ca. 5 m NN) ergab für Quartär 17,3 m, für g₂) (mit Placodermenresten) 7,83 m, für g₁) 13,86 m. Das noch fest 4 m tief angebohrte f) begann also hier in 38,99 m Tiefe. Bei der Brunnenbohrung Ecke Suworow- und Newa-Strasse (heute Kr. Barona- und Blaumann-Strasse), ca. 8 m NN, wurde die Unterkante von g) mit rotem Ton über dem Sandhorizont (mit Zähnen und Platten von Panzerfischen) in 65 m Tiefe unter Gelände aufgefunden³²⁾.

²⁹⁾ J. Kupzīs, „Über die Entstehung des Schwefelwasserstoffes in den Kemmernschen Schwefelquellen etc.“ *Latv. Farmaceutu Žurnāls*, 1926. Lettisch mit deutschem Referat. Ders. „Die biochemischen Vorgänge im Schwefel- und Moorbade Kemmern in Lettland“. *Centralbl. f. Bakteriologie...* 2. Abt. 76, 1928, S. 48—65.

³⁰⁾ C. Grewingk, *Korr.-Bl. Nat.-Ver. Riga* 1850.

³¹⁾ C. Grewingk, *Korr.-Bl. Nat.-Ver. Riga* 1883.

³²⁾ Br. Doss, *Korr.-Bl. Nat.-Ver. Riga* 40, 1898, S. 107 f.

Auch für die Gründung der Dünabrücken wurden mehrfach Bohrungen ausgeführt. Nach Br. Doss³³⁾ liegt hier:

7,25—8,96 m sandiges Quartär

2 —3 m Moräne

g₂) etwa 5 m Gips und Gips-haltiger Dolomit, Ton

1,6 m Ton

3 m dolomitischer Kalkstein, Dolomit, Mergel.

Durch C. Grewingk, Br. Doss u. a. wurde die Schichtenfolge für mitteldevonisch erklärt, wurde der basale f)-Sandstein mit der a)-Abteilung verwechselt, die Gips-führende Abteilung teils mit dem Gips von c₁), teils mit jenem von e) verwechselt, teils sogar in die Abteilung d) gestellt. Erst die grossen und genau untersuchten Mitauer Bohrungen der deutschen Heeresverwaltung haben diese Unrichtigkeiten teilweise aufgedeckt. Sie wären bereits vorher daran zu erkennen gewesen, dass die betreffenden, falsch kombinierten Dolomithorizonte nicht zusammenpassen. Doch entstanden durch diese Bohrergebnisse eigentlich mehr neue Fragen als Antworten. Erst die in den letzten Jahren vorgenommenen Einzeluntersuchungen der Devonprofile des Landes, unterstützt durch die Probebohrungen, welche in Dahlen für praktische Zwecke angesetzt werden konnten, sowie durch die Sammlung anderweitiger, recht reichlicher Bohrergebnisse klärt sich jetzt das Bild.

Der Gips von Kengeragge an der Düna hart oberhalb Riga gehört offenbar auch zu g). Er zeigt ausgeprägte Linsenform (Fig. 30).

Als eine Fortsetzung der lettischen Senkung hat auch das gipsreiche Gebiet von Birsen in nördl. Litauen zu gelten. Das hier in Rypeiki niedergetriebene Bohrloch (siehe oben Seite 182) ergab nach Grewingk für

g) 52,83 m meist dolomitische Kalksteine, graue Tone und Mergel mit sehr reichlichen Gipslagen.

Mangels Fossilien können für die Einordnung neben den Lagerungsverhältnissen nur die lithologischen Eigentümlichkeiten massgebend sein. Sowohl die Lage in der grossen Senkungszone als auch die petrographische Ausbildung, welche mit der ganzen b/d Ausbildung garnichts gemein hat, bestimmten mich oben S. 183 diese Folge

³³⁾ Br. Doss, Korr.-Bl. Nat.-Ver. Riga 1915, S. 47 ff.

mit dem oberdevonischen f/g, nicht (Grewingk) etwa mit dem mitteldevonischen a/b in Vergleich zu setzen.

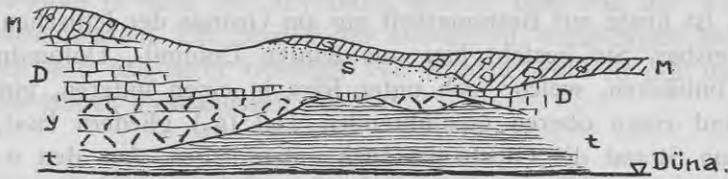


Fig. 30

Profil des Gipsbruches von Kęngarags am rechten Dünaufer oberhalb Riga. t Ton, y Gips, D Dolomit des Devons; s Sand, M Moräne des Quartärs. Gesamthöhe des Aufschlusses etwa 10 m.

Das Westgebiet.

Während die Verbreitung der g)-Abteilung im Grund der letti-schen Senke gesichert ist, fehlen einstweilen zweifelsfreie Aequivalente im westlichen Anschlussgebiet Kurlands. Vielleicht gehören die oberdevonischen Dolomite, welche v. Toll aus der Bohrung von Mo-scheiki im nördlichen Litauen erwähnt, hierher³⁴⁾. Die Bohrer-gesultate sind dort freilich bisher leider nicht sorgfältig genug gesammelt und untersucht worden. Aus der von Sinzow 1903³⁵⁾ gegebenen Mit-teilung ist folgendes zusammengefasste Profil zu entnehmen:

33	Fuss	wohl quartäre Sande
32	„	Ton mit Steinen, wohl Geschiebemergel
30	„	grüner und roter Ton
1½	„	wasserführender Sand
66½	„	Kalkstein und roter Ton
5	„	Sandstein mit Tonzwischenlage
47	„	Dolomit und Kalk mit Ton

Es dürfte sich demnach hier um ein ungewöhnlich tief gesenktes Gebiet handeln, das als Rand der ostpreussischen Senkungszone an-zusehen wäre.

³⁴⁾ Das Devon von Libau gehört auch wahrscheinlich zum Oberdevon, das teilweise vom Alter der f/g-Abteilung ist.

³⁵⁾ Sinzow, „Über die gebohrten und gegrabenen Brunnen der Krons-Branntweinniederlagen“. Verh. russ. Kais. Min. Ges. 41, 1903.

Überblick.

Die Abteilung g), als jüngstes in Lettland vorkommendes Oberdevon, ist heute mit Bestimmtheit nur am Grunde der lettischen Senke nachweisbar. Sie besteht hier aus bunten Dolomit-, Dolomitmergel- und Tonbänken, welche sich unter Riga in einen unteren, gipsfreien (g_1) und einen oberen gipsführenden Teil (g_2) gliedern lässt, während am Strand die Gipsbänke auch unten liegen. Aus den wenigen Fossilien ist nur ein allgemein oberdevonisches Alter abzuleiten. Als Mächtigkeiten können nur primäre Mindestmächtigkeiten angegeben werden, da überall gleich über g) das Quartär folgt. Diese Minimalmächtigkeiten sind auch deshalb unsicher, weil die Grenze gegen die darunter liegende Sandsteinabteilung f) unscharf ist. Am Strand sind es bei Schlock 10—43 m, Karlsbad 50 m, Kemmern 36,4 m; unter Riga sind es 21,69—25,8 m, bei Birsen fast 50 m.

Wahrscheinlich gehören etwa 30 m im Untergrund von Libau hierher (Rand der ostpreussischen Senke); Vertretungen aus der Peipus- und Ilmen-Senke sind auch noch nicht näher unterscheidbar.

Genetisch handelt es sich ohne Zweifel um das Sediment der letzten oberdevonischen Meeres-Ingression gegen den nordwestlichen Kontinent. Die Menge des Sandes, der bunten Farbe, die Panzerfischreste, die reichlichen Gipsausscheidungen sprechen zwar noch deutlich genug von der unmittelbaren Festlandsnähe. Aber die vielfach ziemlich reinen Karbonatbänke mit den Brachiopoden beweisen, dass nach der sandigen Festlandszeit von f) ein letzter Meeresvorstoß versucht wurde. Freilich kämpften die Wellen mit viel Landdetritus und fanden die Meerestiere keine günstigen Lebensbedingungen. Zahlreiche Spuren der in Schlammröhren sich schützenden Organismen, eingelagerte Fucoidenreste, Gips und kräftige Dolomitisierung sind genau so wie in früheren, vergleichbaren Situationen die Überbleibsel und Äusserungen des sehr warmen, übersalzigen, subkontinentalen Seichtwassers.

Genau wie das Meer des Obersilurs sich kurz vor seinem endgültigen Verschwinden noch einmal über die bereits kaum mehr als marin anzusprechenden Eurypterus-Dolomite vorschob, so bemerken wir jetzt das gleiche. Es ist das durchaus nicht überraschend, nachdem wir bereits in jeder marinen Abteilung vorher den Wechsel von Hebungs- und Senkungs-Vorgängen, entweder im Becken selbst durch das Auftreten und Wiederverschwinden von konglomeratischen bzw.

von offenen Sedimenten oder am Beckenrand durch die periodischen Transgressions- und Regressionserscheinungen festgestellt haben. Zu ihnen gehören ja auch die Rhythmen, welche 1926 von der Windau beschrieben wurden. Die Spuren des allerletzten, endgültigen Meeresrückzuges sind uns nicht bekannt. Sie wurden wohl in der darauffolgenden langen Festlandszeit zerstört.

Palaeogeographische Übersicht

(vergl. Fig. 31—34).

Nach dem Meeresrückzug im Obersilur setzte zunächst eine Zeit ohne Sedimentbildung ein. Sie entspricht der Ausbreitung des nord-europäischen Festlandes, auf dem in Lettland wohl nur Abtragung erfolgte. Deren Ergebnis auf der durch schwache Südkipfung verstellten Silurplatte ist an der nun ausgebildeten Diskordanzfläche zu ersehen.

Erst zu Ende des Unterdevons setzt eine starke Sandsedimentation ein. Ihre Ursache muss in der Niederbiegung einer sehr ausgedehnten SW-NO-Mulde am Rande des fennoskandischen Schildes gesucht werden. Die Senke, der noch heute die Senkungszone: südliche Ostsee—Finnischer Meerbusen—Ladoga-, Onega-See—Weisses Meer nachtastet, füllte sich mit kontinentalen Sandmassen und dem tonartig in den Wüsten-Seebecken gesammelten Gesteinsstaub eines trockenheissen Klimas. Dipnoer, befähigt zu amphibischem Leben, und gepanzerte Fische, dazu die Wohnbauten rhizocorallider Tiere lieferten die einzigen noch übrigen Reste: Zeit a) des unteren Mitteldevons, mit gegen 250 m unterem Altrotsandstein.

Zu Beginn des oberen Mitteldevons tritt nun das uralisch-mittelrussische Meer auch nach Lettland vor (Fig. 31). Wir sehen im Profil über a)-Sandstein zunächst nur den Wattenschlick der Gezeitenzone b_1) mit Dipterus, Estheria, Fucoiden. Vom trockenen Lande her empfängt zum mindesten der lettische Teil dieser Zone keine Deltas, keine Flüsse. Nach längerem Stillstand schiebt sich dann das Meer mit einem neuen Ruck über das ganze, sehr ebene Lettland gegen NW vor. Überwiegend normale, dolomitische Sedimente bilden sich (b_{2-4}). Eine verkümmerte Brachiopodenfauna des russischen Meeres (Spirifer anossofi, Sp. acuminatus, Rhynchonella livonica), nur selten Muscheln, mitunter ganz reichlich Schnecken wandern ein. Orthis striatula und

Atrypa reticularis bilden in der späteren Zeit individuenreiche Bänke. Stromatoporen-Riffe erscheinen, Konglomerathorizonte beweisen ein mindestens viermaliges Emportauchen des Meeresbodens an den Meeresspiegel. Nach N wird die Fauna kümmerlicher; zugleich verringert sich nach N und von O nach W die Mächtigkeit, die zwischen 11 und 24 m schwankt: der festlandsnahe Meeresboden sinkt langsamer als der küstenfernere Beckenteil.

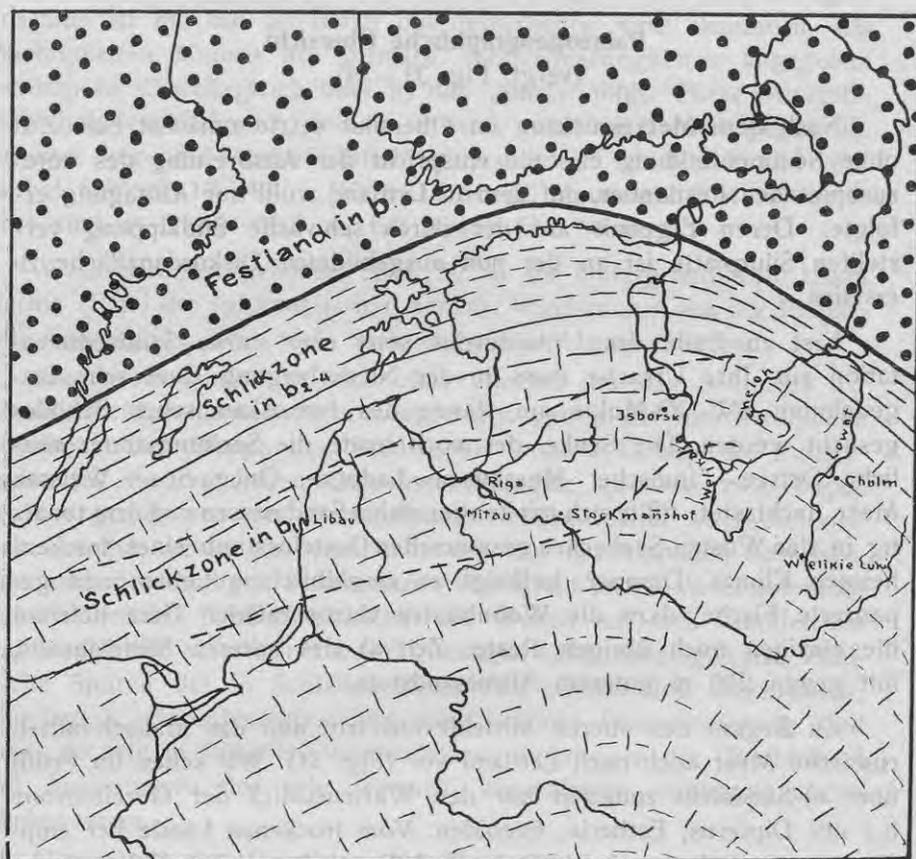


Fig. 31

Land, Wattenschlickzone und Flachmeer in der b_1 -Zeit (Beginn des höheren Mitteldevons) und in der b_2-4 -Zeit. Schema.

Im letzten Abschnitt (c) des Mitteldevons weicht das Meer zum grössten Teil aus Lettland zurück (Fig. 32). Es hinterlässt aber eine sehr breite und über 300 km lang durch Lettland ziehende Ton- und

Kalkschlamm-Lagune. In ihrem Schlamm (8—12 m) scheiden sich auf einem weiter gegen SSO gelegenen Gürtel und vielleicht etwas früher überwiegend Kochsalzlager, auf einem wahrscheinlich in späterer Zeit mehr gegen NNW gerückten Randgürtel des Festlandes überwiegend Anhydrit- (Gips-) Lager aus. Jenseits der Hahnhoftöden gehen diese Schlicke in der Peipussenke über in die ziemlich normalmarinen Kalk-Mergel-Absätze der unteren Spirifer-Rhynchonella-, der Stromatoporen-

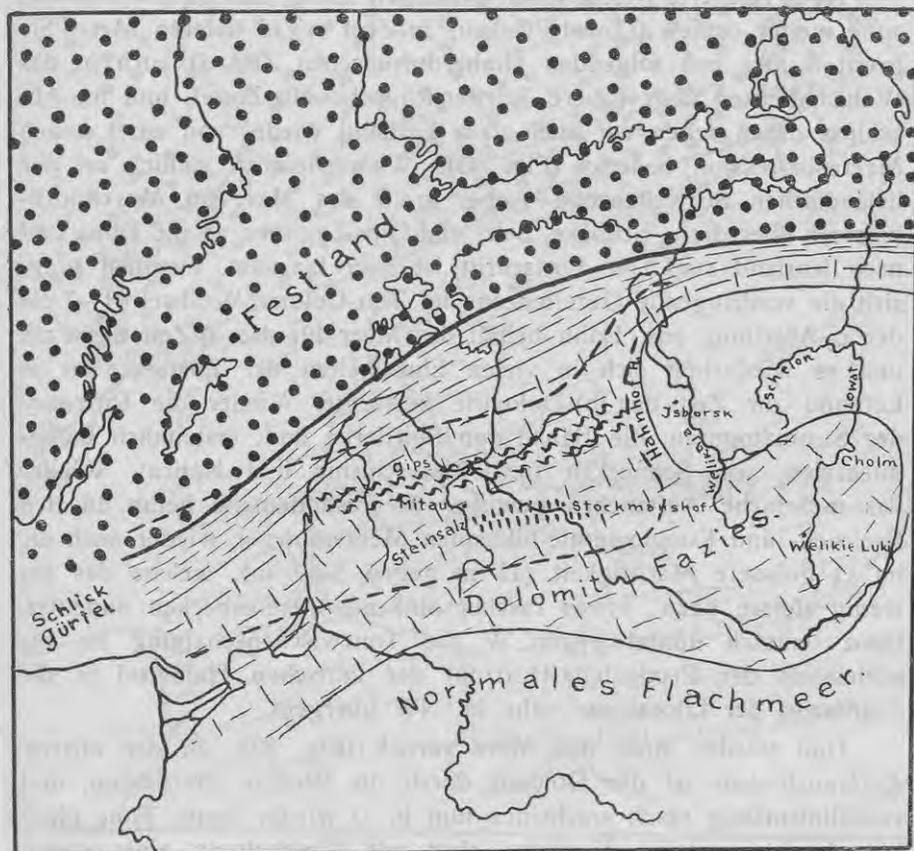


Fig. 32

Land, Schlickgürtel, Dolomitzone (Dünafazies) und normale Flachmeerzone (Welikajafazies) zur d)-Zeit (Alt-Oberdevon). Schema. Zwischen den 2 gestrichelten Linien: Lagunenzzone während c_1) mit Gips und Steinsalz.

riff- und der Meyendorfi-Zone (Welikaja-Fazies). Der allgemeinen palaeogeographischen Situation entsprechend haben wir diese Fazies auch süd-

lich von Lettland zu erwarten. Darum halten wir es nicht für richtig diese Fazies als „nördliche“ der „südlichen“ an der Düna gegenüber zu stellen (Stuckenberg, Scupin). Es handelt sich im NO offenbar nur um eine westlich vorspringende Bucht mit normaler Fazies in ihrem Grund. Unsere „Dünafazies“ ist im allgem. die küstennähere. Das Fortgehen der rhythmischen Hebungs- und Senkungsvorgänge spiegelt sich hier in 2 weiteren Konglomeratzonen wieder.

Noch reicheres Meeresleben haben wir in der Zeit der Meyendorfzone weiter östlich (Lowat-Pleskau) in dem etwas tieferen Meer. Sie greift in der nun folgenden altoberdevonischen Zeit d) auch in das Welikajabecken über (obere Spirifer-Rhynchonella-Zone), und im Anschluss daran sehen wir auch ganz Lettland wieder von einer neuen Meeressingression bedeckt (Fig. 33). Wahrscheinlich südlich an der livländischen Schwellenzone vorbei greift das Meer im Meyendorfvorstoss über die c_1 -Schlicke, Salz- und Gips-Lagunen an die Düna und nach Kurland vor. Der Fortschritt ist aber langsam. Deutlich prägt sich die vordringende Gezeitenzone im Ton-Dolomit-Wechsel (3—7 m) der c_2 -Abteilung aus. Dann behält das Meer für die d)-Zeit das Feld und es wiederholt sich in vielen Einzelheiten der Zustand, der in Lettland zur Zeit der b)-Dolomite herrschte. Wieder die Riffzonen der Stromatoporen, die Bänke von Spiriferen und, erstaunlich individuenreich, von Schnecken (mit *Platyschisma* und *Natica*). Wieder das mehrfache Auftauchen gewisser Meeresbodenteile heran an den Brekzien- und Konglomerate-bildenden Meeresspiegel, wieder auch die im O grössere Mächtigkeit (11 m gegen 5—7 m), welche das ein wenig tiefere bzw. etwas rascher sinkende Meeresbecken andeutet. Ganz deutlich nimmt gegen W die Tonzwischenschaltung zu, bis schliesslich der *Productella*-Horizont der kurischen Halbinsel in die Sandfazies der Litoralzone nahe im NW übergeht.

Und wieder muss das Meer zurück (Fig. 33). In der oberen d)-Grenzbrekzie ist der Dolomit durch die Wellen zerschlagen, und verhältnismässig rasch erscheinen nun in e) wieder bunte Tone ohne irgendwelche marine Tierreste, aber mit Einschaltung einer gegen NW zu rasch an Mächtigkeit wechselnden Sandeinschüttung, welche sehr reichlich Panzerfischreste einschliesst (e_1 : 5—>30 m). Schnell ist das sandig-tonige Lagunengebiet herangerückt; in e_2) stellen sich zwar neben dem Ton wieder Dolomitmäntel ein, doch haben sich in der 13 m mächtigen Serie auch schon Steinsalzkrusten ausgeschieden. Ebenso erscheinen bis über 12 m mächtige Anhydrit- (Gips-) Lager

in der grauen Dolomit-Tonabteilung e₃). Mit Keuper-artiger Unruhe und Schnelligkeit des Auskeilens beweisen diese gegenüber dem Düna-gebiet in der Lettischen Senke, also gegen NW zu, bedeutend mächtigeren Horizonte das Verschwinden des zusammenhängenden Meerwassers. Auch aus dem Welikaja-Becken ist es bereits zurückgetreten, was das bedeutende Ausmass der Regression anzeigt.

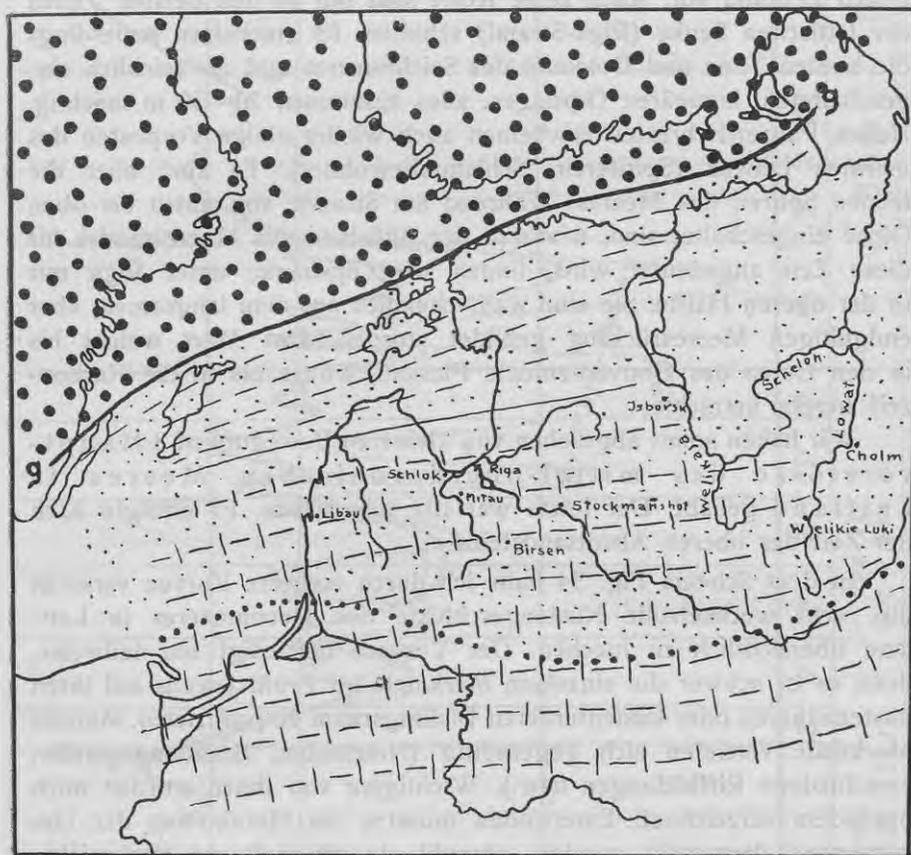


Fig. 33

Jüngerer Oberdevon: Vorstoss des oberen Altrotsandsteins f von N bis zur punktierten Linie, dann Zurückweichen bis zur Linie g. Während Zeit g) schliesst sich südlich hieran der Schlickgürtel, weiter der gipsführende Dolomit an. Die Grenzen sind unsicher.

Damit stellt sich in der Tat die Festlandsfazies des Altrotsandsteins mit einer am Rigaschen Strande über 120 m betragenden

Schichtmächtigkeit der f)-Abteilung wieder ein. Sie ist ausser in der Lettischen und Peipus-Senke offenbar nur noch am Rande der ostpreussischen Senkungszone bei Libau entwickelt. Die Eigenart ihrer Sedimente verbietet es hier ebenso wie im unteren Altrotsandstein, nähere Schichtvergleiche durchzuführen.

Aber noch ein letztes Mal stösst das jungoberdevonische Meer gegen Lettland vor. Auch seine Reste sind nur in den tiefsten Teilen der lettischen Senke (Riga-Strand) erhalten. Es erscheinen neuerdings die bunten Tone und Dolomite des Seichtmeeres und die reichlich eingeschalteten, lagunären Gipslager; alles zusammen 20—50 m mächtig. Neben Panzerfischresten erscheinen auch wieder einige Vorposten des marinen Lebens (Spiriferen, Schlammbewohner). Es sind aber die letzten Spuren des Meeres. Während am Strande von unten bis oben Gipse eingeschaltet sind, wodurch der Stillstand des Meeresrandes für diese Zeit angedeutet wird, finden wir Gipsbänke unter Riga nur in der oberen Hälfte. Sie sind wahrscheinlich auf dem langsamen, aber endgültigen Meeresrückzug gebildet worden. Das Meer weicht bis in den Osten des Gouvernements Pleskau, wo es bis in die Karbonzeit herein herrschte.

Wir haben somit abgesehen von kleineren Bewegungen 3 Hauptvorstösse des mittel-oberdevonischen Meeres in Lettland gehabt. Der letzte war der schwächste. Er erfolgte nach der Zeit des oberen Altrotsandsteins.

In dem Schema Fig. 34 habe ich durch mehrere Kurven versucht die recht wechselvolle Küstengeschichte des Devonmeeres in Lettland übersichtlich zu machen. Der Versuch befriedigt nur teilweise, denn es ist schwer die einzelnen Merkmale im Profil jeweils auf ihren küstennäheren oder küstenferneren Bildungsraum zu projizieren. Manche Merkmale vertreten sich gegenseitig (Netzleisten, Brandungsgerölle; verschiedene Riffbildungen usw.). Wichtigere von ihnen wurden noch besonders verzeichnet. Emersionen mussten als Herantreten der Gezeitenzone dargestellt werden, obwohl sie oft vielleicht nur seichte Untiefen betroffen haben. Zunahme des Tones ist nicht immer Zeichen für grössere Küstennähe, wenn das auch z. B. für die d)-Zeit zutrifft. Im übrigen sind die Kurven Ausdruck nicht nur gross- oder kleinräumiger Bewegungen tektonischer Art, sondern auch eustatischer Meeresspiegelschwankungen. Immerhin erhalten wir einen guten Einblick in die ziemlich verwickelte Einzelgeschichte eines epikontinentalen Gebietes. Obwohl zwischen Mitau und Stockmannshof nur

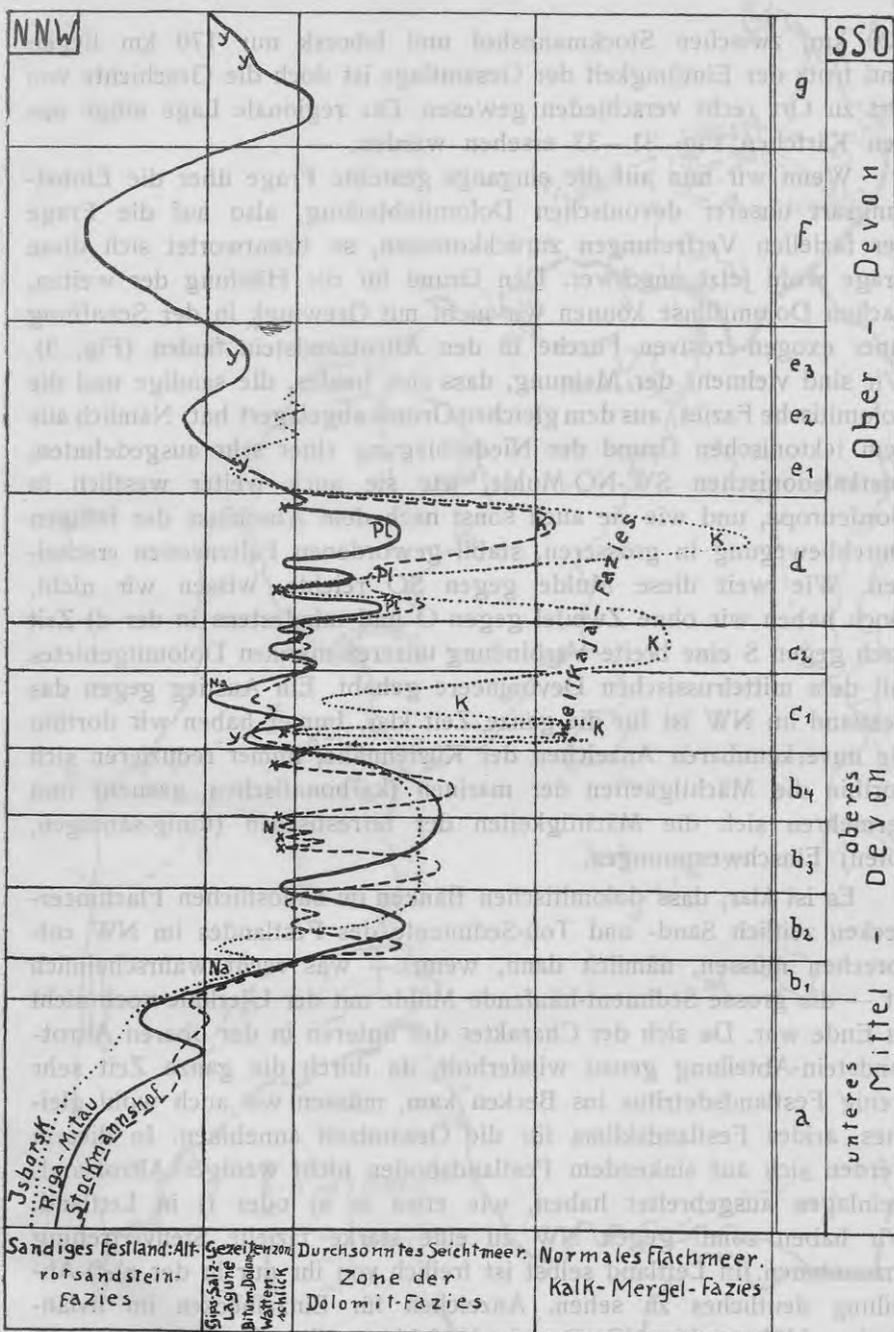


Fig. 34 Palaeogeographische Kurven zur Darstellung des Faziesganges in den Profilen von Riga-Mitau, Stockmannshof und Isborn. Kreuz: Emersonsgerölle, N: Netzleiten, Na: Steinsalz, y: Gips, Pl: Platychemabänke, K: Kalkstein.

120 km, zwischen Stockmannshof und Isborsk nur 170 km liegen und trotz der Eintönigkeit der Gesamtlage ist doch die Geschichte von Ort zu Ort recht verschieden gewesen. Die regionale Lage möge aus den Kärtchen Fig. 31—33 ersehen werden. —

Wenn wir nun auf die eingangs gestellte Frage über die Einbettungsart unserer devonischen Dolomitabteilung, also auf die Frage der faziellen Vertretungen zurückkommen, so beantwortet sich diese Frage wohl jetzt unschwer. Den Grund für die Häufung der weiten, flachen Dolomitlinse können wir nicht mit Grewingk in der Schaffung einer exogen-erosiven Furche in den Altrotsandstein finden (Fig. 3). Wir sind vielmehr der Meinung, dass sich beides, die sandige und die dolomitische Fazies, aus dem gleichen Grund abgelagert hat. Nämlich aus dem tektonischen Grund der Niederbiegung einer sehr ausgedehnten, postkaledonischen SW-NO-Mulde, wie sie auch weiter westlich in Nordeuropa, und wie sie auch sonst nach dem Abschluss der faltigen Durchbewegung in grösseren, stabil gewordenen Faltenzonen erscheinen. Wie weit diese Mulde gegen SO reichte, wissen wir nicht. Doch haben wir ohne Zweifel gegen O und mindestens in der d)-Zeit auch gegen S eine breite Verbindung unseres marinen Dolomitgebietes mit dem mittlrussischen Devonmeere gehabt. Ein Anstieg gegen das Festland im NW ist für die ganze Zeit klar. Immer haben wir dorthin die unverkennbaren Anzeichen der Küstennähe, immer reduzieren sich dorthin die Mächtigkeiten der marinen (karbonatischen, grauen) und vermehren sich die Mächtigkeiten der terrestrischen (tonig-sandigen, roten) Einschwemmungen.

Es ist klar, dass dolomitischen Bänken im südöstlichen Flachmeerbecken zeitlich Sand- und Ton-Sedimente des Festlandes im NW entsprechen müssen, nämlich dann, wenn — was recht wahrscheinlich ist — die grosse Sediment-häufende Mulde mit der Uferlinie noch nicht zu Ende war. Da sich der Charakter der unteren in der oberen Altrotsandstein-Abteilung genau wiederholt, da durch die ganze Zeit sehr wenig Festlandsdetritus ins Becken kam, müssen wir auch wohl gleiches, arides Festlandsklima für die Gesamtzeit annehmen. In diesem werden sich auf sinkendem Festlandsboden nicht weniger Altrotsandsteinlager ausgebreitet haben, wie etwa in a) oder f) in Lettland. Wir haben somit gegen NW zu eine starke fazielle Stellvertretung anzunehmen. In Lettland selbst ist freilich von ihr nur in der e)-f)-Abteilung deutliches zu sehen. Anzeichen für Einzelbecken im livländischen Höhengebiet (C. Grewingk) fehlen völlig. Ebenso gibt es an

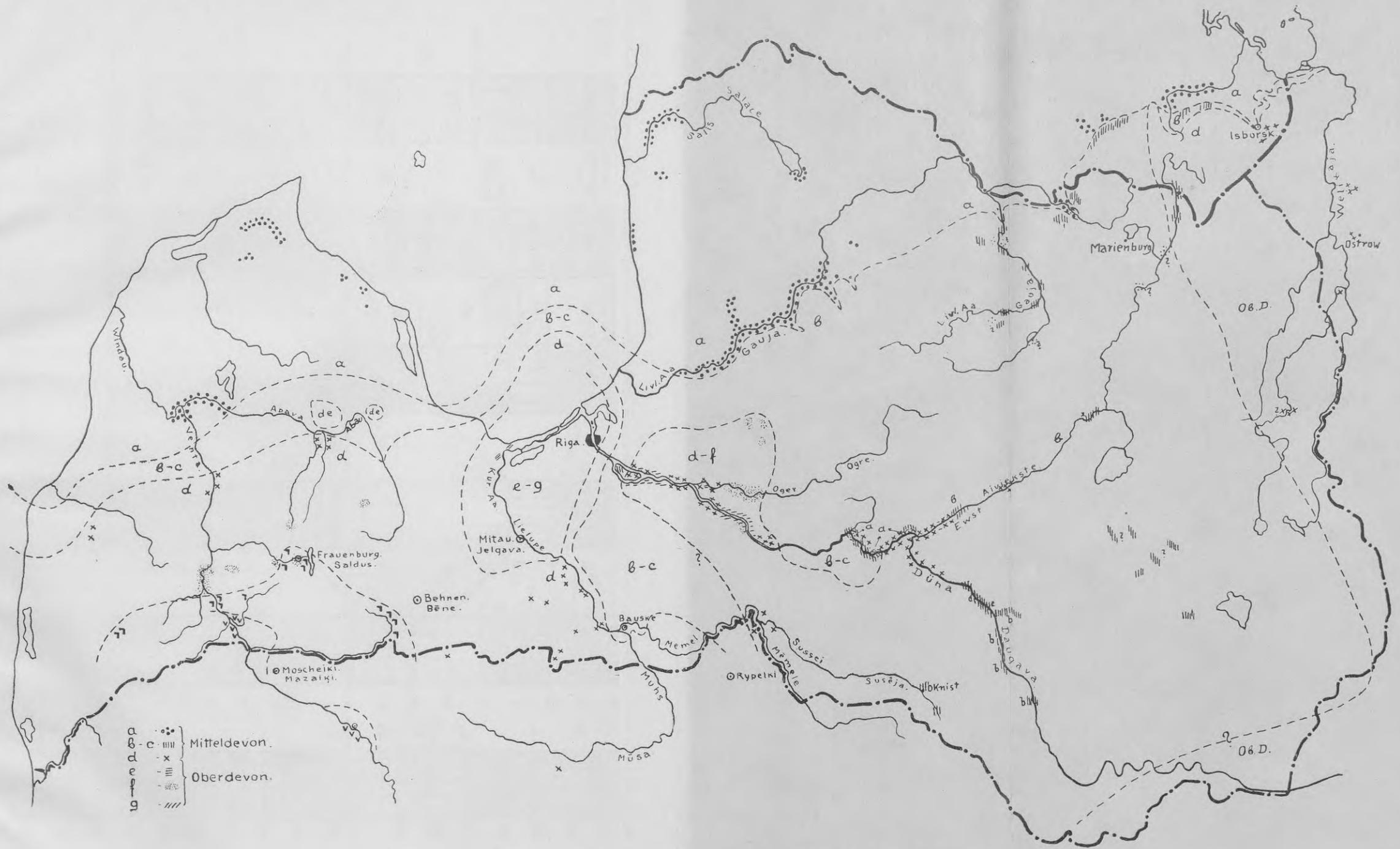


Fig. 2. Verbreitungs-Skizze der vorquartären Formations-Stufen in Lettland. Die Buchstaben entsprechen den Devonstufen im Text. Im SW: rechteckige Haken = Zechstein; Häkchen = Jura.

Stockmannshof Ost.

Fig. 4.
Profile durch die Dolomit-Abteilung
(Mittel- und unt. Ober-Devon).

- Sehr harter Dolomit.
- Kalkstein.
- Airtrotsandstein
- Dichter, etwas mergeliger Dolomit.
- Ton.
- Eisenbelag auf Klüften.
- Dolomitfischer Sandstein.
- Kugelsandstein.
- Asche, Rohwacke
- Brekzien-Geröll-Bank.
- Viele Löcher.
- Lücken; brekziös oder wellig gestört.
- Viele Bohrgänge.

Bohrung

Mitau

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

e

d

C₂

C₁

b₄

b₃

b₂

b₁

α

β

γ

δ

ε

ζ

η

θ

ι

κ

λ

μ

ν

ξ

ο

π

ρ

σ

τ

υ

φ

χ

ψ

ω

α

β

γ

δ

ε

ζ

η

θ

ι

κ

λ

μ

ν

ξ

ο

π

ρ

σ

τ

υ

φ

χ

ψ

ω

α

β

γ

δ

ε

ζ

η

θ

ι

κ

λ

μ

ν

ξ

ο

π

ρ

σ

e

d

C₂

C₁

b₄

b₃

b₂

b₁

α

β

γ

δ

ε

ζ

η

θ

ι

κ

λ

μ

ν

ξ

ο

π

ρ

σ

τ

υ

φ

χ

ψ

ω

α

β

γ

δ

ε

ζ

η

θ

ι

κ

λ

μ

ν

ξ

ο

π

ρ

σ

τ

υ

φ

χ

ψ

ω

α

β

γ

δ

ε

ζ

η

θ

ι

κ

λ

μ

ν

ξ

ο

π

ρ

σ

e

d

C₂

C₁

b₄

b₃

b₂

b₁

α

β

γ

δ

ε

ζ

η

θ

ι

κ

λ

μ

ν

ξ

ο

π

ρ

σ

τ

υ

φ

χ

ψ

ω

α

β

γ

δ

ε

ζ

η

θ

ι

κ

λ

μ

ν

ξ

ο

π

ρ

σ

τ

υ

φ

χ

ψ

ω

α

β

γ

δ

ε

ζ

η

θ

ι

κ

λ

μ

ν

ξ

ο

π

ρ

σ

e

d

C₂

C₁

b₄

b₃

b₂

b₁

α

β

γ

δ

ε

ζ

η

θ

ι

κ

λ

μ

ν

ξ

ο

π

ρ

σ

τ

υ

φ

χ

ψ

ω

α

β

γ

δ

ε

ζ

η

θ

ι

κ

λ

μ

ν

ξ

ο

π

ρ

σ

τ

υ

φ

χ

ψ

ω

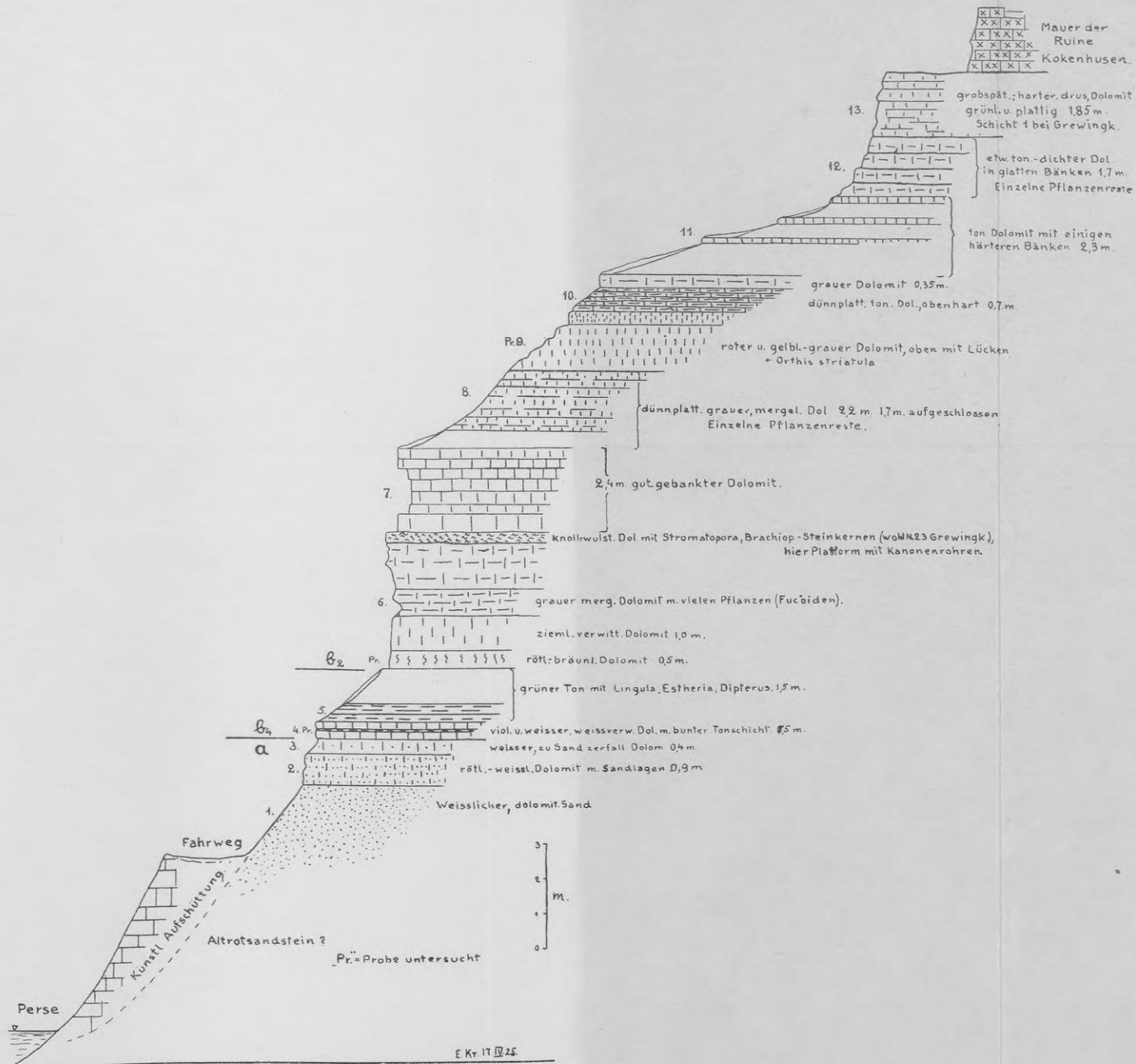


Fig. 11. Profil des Mitteldevons von Kokenhusen an der Persemündung.

Der Name der Tertiären...
die mittlere Vertikal...
die obere...
die untere...

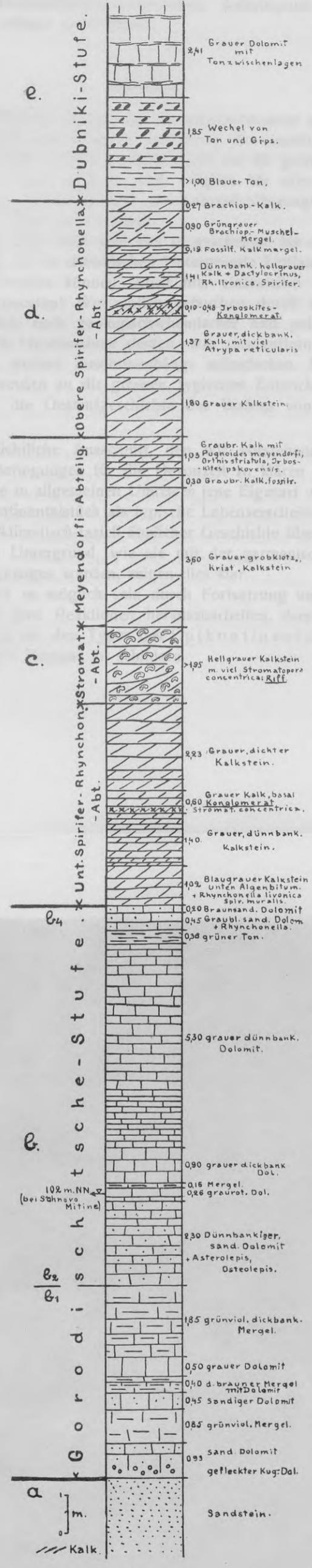


Fig. 21 Profil der Gegend von Isborsk (kombiniert).

der Basis der Dolomitgruppe nur recht unbedeutende Beweise für eine seitliche Vertretung von b) durch a)-Fazies. Es widerspräche im übrigen der allgemeinen paläogeographischen Lage nach S zu Auftragungen des Altrotsandsteins anzunehmen. Anhaltspunkte können wir jedenfalls in Lettland nicht finden.

Abschluss.

Eine ausführliche Erörterung der neugewonnenen und der schon bekannten Profile war nötig, um aus ihnen die einzelnen Zeitebenen herauszufinden. Wir können nunmehr nicht nur die größten Geschehnisse erkennen; jetzt wird es auch möglich für diese Einzelheiten Geographien zu entwerfen und die Lebensbedingungen, damit die Verteilung der Tiere zu verstehen.

Fraglos hat aber noch sehr viel zu geschehen, bis all die reichen Einzeltatsachen, die im devonischen Untergrunde Lettlands verzeichnet sind, gelesen werden können. Auch hier einstweilen vielfach mehr Fragen als Antworten! Wir wollen versuchen durch weitere Kleinarbeit namentlich auch geologisch-chemischer und paläontologischer Art, dazu durch Hereinnahme dessen, was uns entferntere Nachbargebiete lehren, weitere Zusammenhänge aufzudecken. Dann wird es auch möglich werden an die grossen, typischen Entwicklungslinien zu rühren, welche die Gesamtgeschichte des Bodens von Lettland beherrschen.

Der geschichtliche Ausschnitt, den wir vorstehend durch stratigraphische Überlegungen für die Devonzeit zu klären suchten, spiegelt schon heute in allgemeinen Umrissen jene Eigenart wieder, welche einem alten Kontinentalstück als typische Lebenserscheinung zukommt. Vergleiche mit klimatisch-faziell ähnlicher Geschichte über einem etwas andersgearteten Untergrund, wie sie mit der germanischen Trias an anderer Stelle gezogen werden, zeigen dies klar.

Darum wird es möglich sein durch Fortsetzung unserer Studien in Lettland alle jene Reaktionen herauszuarbeiten, deren ein solcher Untergrund fähig ist; den Typus des Epikontinentalen auf dem uralten Kernstück Europas zu schildern.

Das Profil der Lettischen Senke

Von Prof. Dr. *E. Kraus*, Riga
mit 3 Figuren

Teil X der „Studien zur ostbaltischen Geologie“.

Teil I—IV siehe Korrespondenzblatt des Naturforsch.-Vereins zu Riga, 1927, Bd. 59, S. 36—59, Teil V—VIII ebenda 1930.

Seit Begründung des geologisch-paläontologischen Instituts der Universität i. J. 1925 werden alle geologischen Angaben und tieferen Bohrungen im Lande planmässig gesammelt. Im nachfolgenden seien einige Mitteilungen gemacht über die auf diese Weise neu gewonnenen Erfahrungen über Lagerungsverhältnisse im Bereich der Riga-Mitau'schen Ebene. Wir wählen gerade dieses Gebiet nicht etwa nur deshalb aus, weil hier die meisten neuen Bohrungen niedergetrieben wurden. Es handelt sich vielmehr auch um die Nachprüfung des Begriffes der „Lettischen Senkungszone“.

Bei der zusammenfassenden Darstellung der Quartärgeschichte des Ostbaltikums 1928¹⁾ ist Verfasser, ebenso wie schon früher für Ostpreussen²⁾, zu dem Ergebnis geführt worden, dass die heutigen grossen Reliefformen des Landes in der Hauptsache jungen, insbesondere quartären Bodenbewegungen tektonischer Art ihre Entstehung verdanken. Es konnte gezeigt werden wie sich im jüngsten Diluvium und im Alluvium, im S früher als im N, im O früher als im W das Land heraus hob. Es konnten bestimmte Anhaltspunkte dafür gewonnen werden, dass diese Hebungsvorgänge durchaus nicht das ganze Land gleichmässig betrafen, sondern dass jene Landesteile durch raschere

¹⁾ E. Kraus, „Studien zur ostbaltischen Geologie, IV. Über die tertiären Braunkohlenablagerungen in Südkurland“. Korr.-Bl. Nat.-Ver. Riga, 59, 1927, S. 59. Dsl. „Ostbaltikum, II“. Tertiär und Quartär. Gebr. Bornträger, Berlin 1928, S. 97 u. a.

²⁾ E. Kraus, „Die Quartärtektonik Ostpreussens“, Jahrb. d. preussischen geol. Landesanstalt, 45, 1924, S. 633—723. Ders. „Geologischer Führer durch Ostpreussen“. Bd. I. Bornträger, Berlin 1924, S. 79 ff.

Hebung ihrer Nachbarschaft vorausseilen, welche heute die höchsten Schwellen darstellen. So sind es erstens die west- und mittelkurischen Höhe, die in der nördlichen Fortsetzung des Hochlandes von Hochschamaiten in Litauen rascher emporgestiegen sind als ihre westl. und östl. Umgebung; zweitens die höheren Teile von Livland nördl. bis zu den Pantifer-Höhen, die jungtektonische Emporragungen zwischen dem Rigaschen Meerbusen und der Peipussenke bedeuten. Beide noch in sich etwas gegliederten Schwellenzonen liegen zwischen den drei ausgeprägten nordsüdlichen Senkungszonen:

- 1) der ostpreussischen, die durch das an grossen Seen reiche „Masurische Tal“ und durch die Niederung mit dem Kurischen Haff bezeichnet wird,
- 2) die Lettische Senkungszone, welche von der Newjascha-Niederung in Litauen durch die Riga-Mitau'sche Tiefebene und den Riga'schen Meerbusen nach N zieht;
- 3) die Peipussenke mit dem Becken der Welikaja, des Pleskawschen und des Peipussees.

Diese meridionalen Depressionsgebiete, denen sich noch die westpreussische Senke mit der untersten Weichsel und der Danziger Bucht anschliesst, stehen gegenüber ostwestliche, im einzelnen noch gegliederte Depressionszonen. Eine südliche haben wir als die ostbaltische Senkungszone durch ganz Ostpreussen und Litauen zur Lubahn'schen Niederung verfolgt; in einer mittleren liegt die südliche Ostsee, in einer nördlichen liegt der Finnische Meerbusen und die im Quartär so bedeutungsvolle Depressionszone der grossen mittelschwedischen Seen.

Sind nun die besprochenen Gross-Reliefformen tatsächlich tektonischer Natur, so muss das weitergehende Studium der Lagerung des Untergrundes in den Senken in der Hauptsache jüngere Schichten nachweisen — vorausgesetzt, dass sich nicht durch ältere Bewegungen im entgegengesetzten Sinne und von grösserem Ausmass diese einfache Kontrolle verwickelter gestaltet.

Mit Rücksicht auf dieses eben skizzierte Problem gewinnen die Bohrergebnisse in der Riga-Mitau'schen Tiefebene besonderes Interesse. Gilt es doch nachzuprüfen, ob sich die aus ganz anderen Gründen abgeleitete Behauptung: „die geographische Senke von heute ist eine tektonische Senkungszone aus jüngster Zeit“ nach den neu über die Lage des Untergrundes zu tage geordneten Tatsachen bestätigt.

Bisherige Auffassung.

Frühere Bohrungen und Überlegungen hatten bereits C. Grewingk zu der Annahme einer sehr sanften, südwest-nordöstlich steichenden Mulde zwischen Hofzumberge und Gemauerthof in Kurland bis gegen die Salis in Livland geführt³⁾. Er ging von der Meinung aus, dass die Dolomite, welche bei Steinholm-Dahlen-Stalgen (kurl. Aa) einerseits, bei Kliwenhof-Kalnciems-Pavasari-Schlock andererseits an der Erdoberfläche liegen, dieselben seien und dass eben die gleichen auch im Untergrund von Riga und Mitau erbohrt worden wären. So kam er zu einer nur 100 Fuss tiefen, also sehr flachen Mulde, und Br. Doss, der in der Gegend von Schlock noch weitere Teilfaltungen beobachtete, schloss sich dieser Gesamtauffassung an⁴⁾.

Diese ist aber nicht zu halten. Denn die neueren Arbeiten im Devon haben ergeben, dass hier ganz verschieden-altrige Horizonte unrichtig miteinander kombiniert worden sind. Die letzten Dolomite, durch welche die Düna hindurchbricht, sind nur teilweise gleichaltrig mit jenen von Stalgen und sie haben dem Alter nach garnichts zu tun mit denen im Untergrund von Riga, Mitau und von Schlock. Das zeigt sowohl der genaue lithologische wie auch paläontologische Vergleich der Schichtprofile. Bereits Baron Toll und ihm folgend Br. Doss haben Abweichungen von der stratigraphischen Auffassung Grewingk's begründen können. Doch konnten beide, in der Hauptsache mangels exakten Bohrprobenmaterials, noch nicht die Folgerungen für die tektonische Lage in dem grossen Senkungsraum ziehen. Mit den neuen Erfahrungen von der Stellung und Verbreitung z. B. des Produktushorizonts (unteres Oberdevon mit *Spirifer verneuili* var. *archiaci*) war die Gesamtlage eigentlich nur dunkler geworden. Da gleichzeitig das Alter der einzelnen gipsführenden Horizonte, die einerseits an der unteren Düna, andererseits im Untergrunde der Tiefebene erbohrt worden waren, unklar blieb, musste auch die von Grewingk angenommene sanfte Mulde in Frage gestellt werden.

³⁾ C. Grewingk, „Der Boden Rigas, eine geol. Skizze“. Rigaer Almanach 1861, S. 57—65. Derselbe „Der Bohrbrunnen am Bahnhof Riga und die Geognosie der Riga-Mitauer Niederung.“ Korresp.-Bl. Naturf.-Ver. Riga, 26, 1883, S. 58—68.

⁴⁾ Br. Doss, „Die geographischen und geologischen Verhältnisse des Bodens von Riga“ in „Riga und seine Bauten“, 1903, bei Kerkovius, Riga, S. 10 f. Derselbe „Über einen artesischen Naturbrunnen bei Schlock in Livland“. Korr.-Bl. Naturf.-Ver. Riga, 48, 1905, S. 109—119.

Wir besprechen nun der Reihe nach kurz die wichtigsten neuen Bohrergergebnisse und leiten aus ihnen dann die Schichtlagerung ab.

1) Die neuen Bohrungen in Mitau.

Es wurden zwar auch früher in Mitau mehrfach Bohrungen ausgeführt; aber die noch zuletzt durch Baron Toll vom Schlossbrunnen und von der Station mitgeteilten⁵⁾ Ergebnisse waren sehr unklar. Einen Wandel brachten die beiden tiefen Kernbohrungen der Firma Bieske, Königsberg, welche auf Veranlassung der deutschen Heeresverwaltung zur Verbesserung der Wasserversorgung im Jahre 1917 gestossen wurden⁶⁾. Die Bohrung Mitau I, auf 3,89 m NN beim Wasserturm am Pferdemarkt in den Monaten Februar bis Juni 1917 niedergeführt, wurde 186 m tief und erschloss eine grosse Menge Wasser, welches 16,59 m über Gelände, also bis 20,48 m NN in dem aufgesetzten Rohre emporstieg. Die Bohrung Mitau II vom Juli-November 1917 ist 630 m entfernt von der vorgenannten an der Ecke der Schwedhofschen und Wallstrasse 3 in bis 208,25 m Gesamttiefe niedergebracht worden.

Es liegt mir das durch die Firma freundlichst überlassene Bohrjournal, so wie ein später durch Dr. C. Gaebert nach Untersuchung der Bohrkerne in Riga aufgestelltes Schichtverzeichnis vor. Der Genannte war seinerzeit als Kriegsgeologe bei Riga tätig und hat sich um die Erhaltung der Bohrproben sehr verdient gemacht, indem er sie zunächst auf den Wasserturm tragen liess, von wo sie später durch

⁵⁾ Baron Toll, „Geologische Forschungen im Gebiet der Kurländischen Aa“. Sitz.-Ber. Naturf.-Ges. Dorpat, 12, 1898, S. 25 f.

⁶⁾ Vorher hatte man nach Begutachtung durch Prof. Dr. Br. Doss südlich von Mitau am Rullekaln zahlreiche Versuchsbohrungen ausgeführt. Sie fanden die Mächtigkeit des Wasser-führenden Quartärs zu maximal 40 m, seine tägliche Wasserergiebigkeit zu 5100 cbm, während der Bedarf in Mitau etwa doppelt so hoch war. Vergl. G. Thiem, „Die Verwertung artesischer Wasser für die Wasserversorgung der Stadt Mitau“. Zeitschrift „Gesundheits-Ingenieur“ 1929, Heft 1 (Verl. R. Oldenbourg, München). Diese Mitteilung begibt sich vom hydrologischen zu weit auf geologischen Boden, auf welchem dem Verfasser deutlicherweise die Sachkunde fehlt. Wir lesen z. B. überrascht: „Sand- und Kiesschichten von bedeutender Ausdehnung sind in den baltischen Ländern von grösster Seltenheit“. „Zur Entwicklung von gewaltigen Urströmen ist es nur am Gletscherrand, im N Deutschlands, gekommen.“ Der schematische hydrologische N-S-Schnitt durch Mitau kann auch nicht als Schema gelten.

den Verein zur Erforschung nutzbarer Rohstoffe in Lettland nach Riga transportiert werden konnten. Heute befinden sich diese schönen Bohrkern in grosser Vollständigkeit aufgestellt in den Räumen des Geologischen Institutes der Universität.

Da Herr Dr. Gaebert schon seit geraumer Zeit eine besondere Veröffentlichung über diese Bohrungen angekündigt hat, gebe ich nur eine nach unserer Untersuchung der Proben im Zusammenhang mit den in den letzten Jahren stark geförderten Studien der lettischen Devonprofile entworfene Übersicht der Schichtenfolge. Die in Figur 1 verzeichneten Einzelheiten sollen hier nicht näher behandelt werden.

	Bohrung Mitau I.	Bohrung Mitau II.
	15 m Quartär	16,85 m Quartär
Oberdevon	e/f 44,0 m Wechsel von Ton mit Dolomit (untergeordnet)	44,6 m Wechsel von dolomitischem Ton mit Dolomitbänken
	e 13,5 m Wechsel von Sandstein, Dolomit mit buntem Ton	13,4 m rötlicher Sandstein (überwiegend)
	e ₁ 17,5 m überwiegend bunter Ton, etwas sandig.	19 m bunter Ton mit Steinmergel, wenig Dolomit, schwach sandig
	d 9,0 m harter Platyschisma-Dolomit in der Mitte und gegen unter Mergelbank	8 m harter Platyschisma-Dolomit mit Mergelzwischenlagen
Mitteldevon	c ₂ 9,8 m Mergel und Dolomitbänke im Wechsel	10 m Dolomit- und Steinmergelbänke
	c ₁ 10,7 m grauer Mergel mit einigen Dolomitbänken und Asche	11 m Ton mit Dolomitbänken und Steinmergel
	b ₂₋₄ 12 m harter, grauer Dolomit, gegen unten Mergelbänke	
	b ₁ 2,5 m grauer Dolomitmergel, gegen unten toniger Dolomit und Sand	15 m harter Dolomit gegen unten Ton und Steinmergel
	a 51,5 m (nicht durchbohrt) Altrot-sandstein, gegen oben auch dolomitisch, mit Tonzwischenlagen	73,25 m (nicht durchbohrt) bunter Altrotsandstein mit grauen und roten Tonzwischenlagen

Sowohl nach der Reihenfolge wie nach annähernder Mächtigkeit und Gesteins-Ausbildung stimmen alle tieferen Horizonte mit denje-

nigen überein, welche auf Grund ihres paläontologischen Inhalts und ihrer Reihenfolge an der Düna unterschieden und mit den oben beschriebenen Buchstaben-Bezeichnungen von mir versehen wurden. Wir werden unten z. B. die Bohrung von Dahlen SO vergleichen, wobei sich zeigen wird, dass auch die von C. Gaebert (Ostbaltikum III, S. 56) in Kürze gegebene Altersstellung der fraglichen Schichten als mitteldevonisch nicht zutreffen kann.

Unglücklicherweise hatten die beiden Bohrungen, welche Baron Toll von Mitau näher bekannt geworden waren, beide in dem höheren Sandniveau „e“ geendet. Dies und die Überlagerung des Ganzen durch Dolomite und Ton hatte bisher zu der Meinung geführt, dass hier der Altrotstein a) erreicht worden wäre. Dieser liegt aber, wie nun deutlich wird, um 61,5 bzw. 63 m tiefer. Hatte man daher vor dem Kriege bei Mitau bestenfalls eine Muldentiefe von rund 30 m annehmen können, so vertieft sich nach den neueren Feststellungen die Mulde zu einer solchen von 91 bis 93 m Tiefe. Die Ergebnisse der beiden in ausgezeichneten Bohrkernen und in guter gegenseitiger Übereinstimmung bekannten Bohrungen lassen keinen anderen Schluss zu.

Vergleicht man nun auf dieser neuen Basis von unseren Bohrpunkten aus die Höhenlage einerseits der bei der Bahnhof-Bohrung weiter südlich, andererseits der bei der Schlosshof-Bohrung weiter nördlich festgestellten Horizonte, so kommt man zu dem überraschenden Ergebnis, dass diese Höhenlagen nicht nur, wie schon Baron Toll betont hatte, in den entfernteren Bohrungen stark von einander abweichen. Auch zwischen den älteren und neueren Bohrungen sind bedeutende Höhenunterschiede.

Dabei gibt es zwei Möglichkeiten, denn es ist nach v. Toll's Angaben über die älteren Bohrungen nicht ohne weiteres zu entscheiden welche Horizonte vorliegen: 67,7 m mächtige Dolomite, die er anführt, sind auf keinen Fall vorhanden, was die Angaben bereits als recht ungenau erkennen lässt⁷⁾. (Fig. 1).

Ist der Sand-Ton-Sand-Wechsel, der unter „dichtem Dolomit“ in 41,82 m Bohrlochtiefe (—34,99 m NN) unter dem Bahnhof erbohrt wurde,

⁷⁾ Ich führe die Daten in der Fig. 1 nach der Uebersicht bei Br. Doss auf: „Die historisch beglaubigten Einsturzbeben und seismisch-akustischen Phänomene der russischen Ostseeprovinzen“. Gerland's Beiträge zur Geophysik, X, 1909, S. 98. Auf ältere Literatur und Bohrungen ist hier verwiesen.

äquivalent der Abteilung e), was am wahrscheinlichsten ist, so besteht zwischen Mitau II (e)-Oberkante ist bei $-55,45$ m NN) und dem Bahnhof ein Höhenunterschied der Schichtlage von $20,46$ m, was für die kurze Entfernung so viel ist, dass man kaum mit der Annahme einer Flexur auskommen wird, sondern an eine gegen N absenkende Verwerfung denken muss. Ist aber unter der Bahnstation der erbohrte Sandstein, wie v. Toll glaubte, schon der untere Altrotsandstein a), so ist die Sprunghöhe dieser Verwerfung sogar $96,86$ m, denn die sichere a)-Oberkante befindet sich bei Mitau II in $-131,8$ 5m NN.

Vergleichen wir nun die in ihren Horizonten mit Mitau II nahezu gleich hoch gelegenen Bohrkerne Mitau I mit dem Ergebnis des Schlosshofbrunnens, also mit der nördlicher gelegenen Bohrung. Der wahrscheinlichere Fall ist auch hier der, dass der unter dichten Dolomiten erbohrte Sandstein zu e) gehört. Die Oberkante dieses Sandsteins wurde in Mitau I bei $-55,11$ m NN, unter dem Mitauer Schloss in rund $-120,9$ m NN erreicht. Die Differenz ergibt die Sprunghöhe einer Verwerfung von $65,79$ m. In dem sehr unwahrscheinlichen Fall, dass der Schlosshof-Sandstein schon a)-Sandstein ist, würde dessen Oberkante um $13,6$ m höher liegen als in Mitau I, wo er in $-134,5$ m liegt. Dieser letztere Fall scheidet deshalb m. E. aus, weil ja nach dem übereinstimmenden Ergebnis der Kriegsbohrungen unter dem Schlosshof in geringerer Tiefe dann auch noch der e)-Sandstein hätte durchsunken werden müssen, der von Baron Toll gewiss nicht mit Dolomit oder Ton hätte verwechselt werden können. Dieser Sandstein fehlt also unter dem Schlosshof.

Als Ergebnis können wir somit feststellen: unter Mitau liegt das Devon in drei sehr verschiedenen Höhenlagen. Von der nördlichsten, tiefsten Lage unter dem Schloss springt es zur mittleren (Mitau I und II plötzlich um $65,79$ m. Von da zur höchsten Lage (unter dem Bahnhof) im S hebt es sich noch um $20,46$ m bzw. $96,86$ m, wobei die letztere Zahl weniger wahrscheinlich ist. Das allgemeine Bild ist so, dass wir 3 verschiedenen Schollen, getrennt durch Verwerfungen, annehmen müssen. Der Untergrund Mitaus sinkt mit einem ausgeprägten Staffelbruch gegen N.

Besonders bemerkenswert ist hierbei, dass in der tiefstgelegenen Nordscholle zugleich der Geschiebemergel mit $22,5$ m bedeutend mächtiger ist, als in der benachbarten Bohrung Mitau I (mit 8 m). Da auch in den gehobenen Schollen alle höher emporragenden Devonhorizonte

unter der Moräne abgetragen sind und die Trümmer dieser Horizonte nahe südlich in der Lokalmoräne des Ruffakalns angesammelt wiedergefunden werden, habe ich bereits 1928 aus der Gesamtlage den bestimmten Schluss gezogen, dass diese Verwerfungsvorgänge jungdiluviales Alter haben müssen. Wären sie wesentlich älter, so hätten sich die durch die Verwerfungen bedingten Höhenunterschiede schon lange vor Ablagerung der Moräne ausgeglichen, und nicht erst das Inlandeis hätte unter starker Entwicklung von Lokalmoräne, also Abschiebung der Erhöhungen, das Relief eingeebnet.

Bevor wir nun an Hand der neuen Bohrungen die Fortsetzung des meridionalen Profils der lettischen Senke gegen N und O hin betrachten, sei ein Blick auf die Profilverlängerung in südlicher Richtung geworfen (Fig. 2).

2) Die Wölbung von Bauske und die Senke von Birsen.

Bereits etwa 14 km südöstlich von Mitau finden wir bei Stalgen die d)-Dolomite in der Höhe der kurländischen Aa, also bedeutend höher als unter Mitau. Die gleichen Dolomite mit *Spirifer archiaci* liegen unterhalb Bauske. Hier an der Memel und Muhs ist bereits der b)-Dolomit mit *Spirifer anosofi* zu finden, der bei Mitau I erst ab -116 m NN auftritt. Der Höhenunterschied beträgt schon etwa 130 m. Wir befinden uns hier und noch ein gutes Stück südöstlicher und südlicher in einem ausgeprägten tektonischen Hebungsgebiet. Auch für die weiteren Gebiete im Süden der Riga-Mitau'schen Niederung habe ich 1928 (S. 86, 100) wegen des Emporsteigens der jungen Grundmoräne auf die Schwelle der kurisch-litauischen Endmoräne und wegen der Höhenlage des Poswoler Bändertons eine sehr junge tektonische Anschwellung angenommen. Das Emporsteigen der devonischen Horizonte von Mitau gegen Bauske bestätigt eine tektonische Hebung.

Sie ist freilich im einzelnen verwickelter als dies aus den quartären Ablagerungen geschlossen werden konnte. Zwar hatte das Aufhören der zusammenhängenden, über eine Strecke von rund 100 km von W an die Muhs herantretenden Endmoränen⁸⁾ schon auf eine neue Situation im O aufmerksam gemacht. Aber erst die nähere

⁸⁾ Vergl. H. Hausen, „Materialien zur Kenntnis der pleistozänen Bildungen in den russischen Ostseeländern.“ *Fennia*, 34, Nr. 2, Helsingfors 1913.

stratigraphische Bewertung der gipsreichen Devonhorizonte in der Gegend von Poswol-Birsen und deren Vergleich mit den entsprechenden bei Riga ergab die Möglichkeit zu erkennen, dass sich hier tektonisch ein recht ausgeprägtes Senkungsgebiet an die Schwelle im NW anschließen muss. Das Profil Fig. 2 zeigt einen Querschnitt, auf dem die Lagerung der Gesteine an der Memel freilich noch nicht als voll gesichert gelten kann.

Das eine aber ist wohl sicher, dass die schon von C. Grewingk mitgeteilte⁹⁾ Bohrung von Rypeiki (63 m NN) bei Birsen nicht mitteldevonischen Altrotsandstein und Ton (a), wie früher geglaubt wurde, sondern oberdevonischer Oberaltrotsandstein (f) von 6,41 m bis -77,83 m NN durchbohrt hat. Ebenso wenig wie über den Sandsteinen in der Schlosshof- und Bahnhof-Bohrung von Mitau haben über dem Rypeiki-Sandstein die auflagernden Kalksteine, dolomitischen Kalksteine und Gipslager etwas mit der unteren Dolomitabteilung b) mit *Spirifer anossofi* zu tun. Die gipsreiche Serie entspricht vielmehr ganz jener, die wir auch bei Riga, Schlock und Dünamünde über den f)-Sandsteinen finden. Nehmen wir für die Birsener Gegend die gleiche Schichtmächtigkeit wie für jene von Mitau an, so liegt also die Oberkante der b)-Dolomite mit *Spirifer anossofi* bei Birsen um mindestens 100 m (falls — unwahrscheinlicher — die Birsener Sandsteine zu e) gehören sollten, um 56,6 m) tiefer als an der unteren Memel oberhalb Bauske. Ob die Grenze zwischen der breiten Schwelle bei Bauske und der Senkungszone von Birsen eine Flexur oder eher eine Verwerfung ist, muss erst durch weitere Untersuchungen geklärt werden.

Das Urstromtal von Bauske.

Für das jugendliche Alter der hier betrachteten tektonischen Verschiebungen des Untergrundes spricht noch ein anderes. H. Hausen hat bereits auf der seiner oben angeführten Arbeit beigegebenen Karte für die Gegend von Bauske eine tiefere Flussrinnenbildung angedeutet. S. 138 spricht er von verschiedentlich auftretenden Flussterrassen.

⁹⁾ C. Grewingk, „Die Aussichten und Bedingungen eines zu gründenden baltischen Vereins für Erbohrung nutzbarer Fossilien“. Sitz.-Ber. Nat.-Ges. Dorpat, 1877, S. 346 f. H. Scupin hat in „Ostbaltikum I“ 1928, S. 182 f. das Profil wiederholt, wobei statt „Meter“ irrtümlicherweise „Fuss“ für die Schichtmächtigkeiten angegeben wurden.

Bei Bauske liegen an der Memel mehrere wohl ausgeprägte Terrassenstücke, die 5 m über den Wasserspiegel emporragen. Flussaufwärts heben sie sich, aus Dolomitschotter und grandigem Sand bestehend, 6 m über den Fluss. 1,5—2,5 km oberhalb der Stadt liegt an der Muhs die Terrasse des Flusses sogar 12—14 m hoch über dem heutigen Niveau. In der Grand- und Sandgrube ist sie 7 m mächtig aufgeschlossen und zeigt sehr schöne Deltaschichtung mit flussabwärtiger Neigung. Nur noch 5 m höher liegt hier die diluviale Hochfläche, auf welche gegen SO hin allmählich die Grandterrasse emporsteigt.

Die durch die Schotter-bringenden Gewässer erodierte, ziemlich breite Talfurche und ihre alten Schotter rühren ohne Zweifel aus einer Zeit, in der sehr viel mehr Wasser durch die Rinne floss als heute. Es ist offenbar hier eine, wenn auch nicht sehr breite, Urstromtalrinne vorhanden.

Interessanter Weise ist das Gefälle dieser Rinne stärker als das heutige Flussgefälle. Geht man von Bauske flussabwärts, so trifft man in den weicheren, unter dem Wasserfalldolomit liegenden Mergel- und Dolomitgesteinen das Tal bei der Ziegelei sehr viel breiter ausgearbeitet. Die steileren Dolomithänge treten weiter vom Fluss zurück. In der Talweite liegt eine rund 5 m hohe Terrasse mit sehr grobem, blockreichem Grand. Dann senken sich die Dolomitbänke wieder gegen NW. Dadurch verengt sich das Tal zur schmalen Rinne von Bornsmünde-Jungfernhof. Gleichzeitig hört die nun nur noch 4 m über den Wasserspiegel hervorragende Flussterrasse auf.

Früher, in der Urstromtalzeit, war genügend Wasser im Fluss, um auch im höheren Dolomitmiveau, das widerstandsfähige Gestein breit zu durchschneiden. Später aber vermochte der Fluss nur noch dort sein Tal zu weiten, wo weichere Gesteine unter den härteren oder über ihnen dazu die Möglichkeit boten.

Unterhalb Bornsmünde senken sich mit der Ziegelei wieder die harten Dolomitbänke (d) gegen WSW, und die darüber folgenden e)-Tonmergel (blaugrün) mit etwas Sandstein (Brambergshof-Zone) enthalten nun die erweiterte Flussrinne, die sich mit einer Biegung über Mesothen hinaus nach N wendet. Hier dehnt sich, nunmehr 4 m über den heutigen Wasserspiegel aufsteigend, wieder die Schotterterrasse, eingebettet in den rund 15 m höher emporsteigenden Dolomitanstieg der weiteren Umgebung.

Weiterhin kann man linksufrig an dem Gehänge folgendes (kombinierte) Profil feststellen:

oben: 70 cm rötlich-brauner, feinsandiger Verwitterungslehm,
 1 m blassrötlicher Fayencemergel, sehr fein gebändert,
 etwa 3 m rötliche Grundmoräne,
 zusammen über 10 m grüner Ton, nach unten reinlichere Dolomitplatten,
 unten: über 4 m überwiegend dichter, grünlich-graulicher Dolomit mit einer glimmerführenden Sandsteinbank mit Kugelsandstein (50 cm).

Hier ist für uns das Erscheinen des gebänderten spätglazialen Fayencemergels von bezeichnend staubsandiger Beschaffenheit interessant. Bisher war nichts von Bänderton zu sehen, und auch hier ist diese Beckenbildung nur wenig mächtig. Es handelt sich vielleicht um den Ausläufer des grossen Bändertongebietes von Mitau-Tittelmünde. Bei Mesotheren liegt er aber nicht mehr, wie dort, in der Höhe von Normalnull, sondern schon rund 20 m NN hoch. Ein vielleicht vorhandener Zusammenhang beider Bändertongebiete und das Verhalten der Urstromterrasse weiter flussabwärts konnte noch nicht untersucht werden.

Aus allem können wir uns etwa folgendes Bild der Entwicklung machen:

Nach dem Rückzug des letzten grossen Inlandeises sammelten sich im Becken von Poswol im S die Schmelzwasser in einer Zone, die damals noch wesentlich tiefer lag als heute (vergl. Ostbaltikum II, S. 100 und Figur 18 auf Seite 87). Der Eisrand taute immer weiter nach N ab; gleichzeitig hob sich das Gebiet von Poswol-Bauske als eine sehr ausgedehnte Kuppel langsam heraus. Dadurch floss einerseits Wasser auf Urstromtal-artigen Teilrinnen in südlicher, andererseits aber auch in nördlicher Richtung aus dem grossen, südlichen Stau-becken ab. Zu ihnen gehören vor allem Memel und Muhs. Die im S rascher voranschreitende Hebung bedingte, dass sich hier auch die Wasserläufe tiefer einschneiden mussten; es hob sich die Flussbett-sole der Urstromtal-Gewässer im S stärker als im N.

Diese Hebung begann schon unter dem Eis sich zu bilden, denn sie hat bereits den allgemeinen Verlauf des Eissüdrandes bestimmt, was aus der Krönung der Schwelle durch den kurisch-litauischen Endmoränenkranz ersichtlich ist. Als das Eis von ihm weiter nördlich zurückwich, sammelte sich zwischen der wachsenden Schwelle im S und dem Eis im N das grosse Schmelzwasserbecken von Mitau, in

welchem der Bänderton zum Absatz kam. Der gebänderte Fayencemergel von Mesothen ist entweder das Sediment eines Teilbeckens oder eines südlichsten Ausläufers des Mitauer Beckens. Durch dieses gebänderte Sediment schnitt sich in den Zuflussrinnen von S das Wasser um so tiefer ein je höher die Südschwelle emporwuchs.

Hinsichtlich der tektonischen Lage des tieferen Untergrundes ist zu sagen, dass diese nur teilweise dieser jüngsten Geschichte entspricht. Zwar fällt das Gebiet junger Aufschwellung tatsächlich weithin mit einem Bereich tektonischer Hebung auch des Devons zusammen. Aber gegen Birsen im O dürfte schon vorher eine so tiefe tektonische Depression im Devon entstanden sein, dass diese durch die spätglaziale-alluviale Hebung der letzten Zeit nicht mehr ausgeglichen werden konnte. Es blieb noch immer eine sehr bedeutende Einbiegung der devonischen Horizonte übrig. Diese fällt in vorspätglaziale Zeit.

3) Die neuen Bohrungen in Schlock

ergänzen unser annähernd im Längsverlauf der lettischen Senke gezogenes Profil bis an die Ostsee. In Schlock sind früher schon mehrfach Bohrungen ausgeführt worden, auch auf dem Grund der Zellstofffabrik (B. C. F.), auf dem 1928 die hier besprochene Bohrung ausgeführt wurde. Ich bin der Direktion, sowie dem Herrn Chemiker und der ausführenden Bohrfirma Bieske, Königsberg, zu besonderem Dank für die Mitteilung der gefundenen und nachstehend ausgewerteten Ergebnisse verpflichtet.

Von den beiden neuen Bohrungen der Zellstofffabrik wurde die erste bei rund 4 m NN beim kleinen Kesselhaus 150 m tief gestossen. Ihr Ergebnis war:

	0—10 m	sandiges Quartär, unten 1 m tonig,
	—19,8 m	blauer Ton und Dolomit. Erstes Wasser aus 18 m Tiefe,
g	—30,0 m	weisser und roter Sandstein mit etwas Ton,
	—53,5 m	roter Ton mit „Steinschichten“ (Bohrjournal), wohl Dolomitbänke,
	—62,0 m	Sandstein,
	—80,5 m	bunter, harter Ton,
f	—86,5 m	Sandstein,

- 92,9 m roter Ton,
 - 118,0 m Sandstein mit Tonbänken,
 - f —141,5 m braunroter Sandstein,
 - 146,0 m braunroter Ton,
 - 147,4 m grüner Sandstein,
-
- e —150,0 m „gemischter Ton“ (Bohrjournal).

Ähnlich war das Ergebnis in dem neuen Bohrloch von dem Beamtenhaus I auf dem gleichen Gelände der baltischen Cellulose-Fabrik. Hier erschien das erste Wasser erst in 59 m Tiefe und hatte einen freien Überlauf von 840 l/h. Bei 119 m Tiefe 5,4 cbm/h. Überlauf, bei 123 m 10,8 cbm, bei 127 m 18 cbm, bei 135 m 21,6 cbm, bei 140 m Tiefe 21,6 cbm/h. Das Wasser hatte Alkalinität (deutsche Härtegrade) 8,6, Gesamthärte 35,5, bleibende Härte 26,9, wenig Chloride, viel Sulfate.

Ein Vergleich (vgl. Fig. 2) der Schichtenfolge von Schlock mit jener von Mitau (33 km weiter SSO) hängt von der Auffassung ab, welche über die am weitesten im N stehende Mitauer Schloss-Bohrung zu vertreten ist. Ich habe es oben als höchst wahrscheinlich bezeichnet, dass der Sandstein unter dem Schlosshof zu e) gehört; ebenso die darüberliegenden Schichten, die schon deshalb nicht durchgängig Dolomit sein können (Mitteilung v. Toll), weil so mächtiger Dolomit nirgends in Lettland übereinander gefunden worden ist. Man könnte höchstens denken, dass der noch höhere f)-Sandstein, bedeckt von mächtigeren g)-Dolomiten und Tonen vorliegt, was dann freilich die Annahme einer sehr bedeutenden Verwerfung von mindestens 160 m Sprunghöhe gegenüber der Scholle mit der Bohrung Mitau I nötig machen würde. Ausserdem müsste ein recht bedeutender Fazieswechsel zwischen Mitau und Schlock angenommen werden.

Doch auch in dem hier als naheliegendster erscheinenden Fall einer Vertretung des e)-Sandsteins unter — 121 m NN unter dem Schlosshof ist wahrscheinlich mit kräftigem Fazieswechsel gegen Schlock hin zu rechnen, was gewiss verständlich ist, bei dem Gedanken, dass man sich in Schlock schon wesentlich näher der ehemaligen Küste befindet. Der e)-Sandstein, in Mitau von 13,4 m Dicke, würde entweder dem tieferen, rund 50 m mächtigen f)-Sandstein oder einem tieferen, noch nicht durch Bohrung erreichten Sandstein unter Schlock entsprechen. Die darüber liegende tonig-dolomitische Abteilung von Mitau wäre gleichzeitig mit der sandig-tonigen von f) im NW abgelagert. Da bisher keine Fossilien gefunden sind, wird aber

der Schichtvergleich, der im Bereich der Sandfazies mit ihren rasch auskeilenden Schichten im einzelnen überhaupt ausgeschlossen erscheint, recht unsicher. Dass die bei Mitau-Bauske, auch weiter im W, noch recht mächtigen d)- und b)-Dolomite unter Schlock bereits völlig in Tonschichten übergegangen sein könnten, wodurch der obere Altrotsandstein schon hier unmittelbar über den unteren zu liegen kam, halte ich nach den Erfahrungen über das nur sehr allmähliche Auskeilen von Dolomit gegen Ton für sehr unwahrscheinlich.

Keinesfalls können wir in den neuen Mitauer Bohrungen Äquivalente der vorstehend mit „g)“ bezeichneten obersten Dolomite von Schlock erkennen. Wegen der grösseren Küstenferne bei Mitau können diese Dolomite hier nur gleichfalls durch Dolomite oder durch Kalksteine vertreten sein. Die obersten Devonhorizonte unter Mitau sind dafür viel zu tonig. Ich nehme darum an, dass die g)-Abteilung jünger ist als sämtliche Schichten, welche in der durch die neuen Mitauer Bohrungen durchsunkenen Scholle noch erhalten blieben.

In Figur 2) wurde die nach den bisherigen Kenntnissen wahrscheinlichste Sachlage dargestellt. Man könnte einstweilen auch die Meinung vertreten, dass f) nach S nicht auskeilte, sondern dass es einst auch über allen Mitauer Schichten lag. Dann würde die Niederbiegung bei Schlock viel kräftiger sein als Figur 2 es andeutet.

4. Das Querprofil Tuckum-Schlock-Riga.

Wir suchen nun die stratigraphische Verbindung unseres vorher besprochenen Profils im Längsverlauf der Lettischen Senke mit der östlichen und westlichen Umgebung. Das in Figur 2) gezeichnete Querprofil zeigt, dass mit der g)-Abteilung, der jüngsten des uns bekannten Oberdevons, die Gesamtlage wieder ganz einheitlich wird. Es hängt das mit der Regelmässigkeit der marinen Bildungsbedingungen im Gegensatz zu dem sehr raschen Wechsel der landnächsten Fazies zusammen. Von Tuckum ab, dessen Profil wir einstweilen den Angaben C. Gaebert's (Ostbaltikum III, Fig. 14, S. 57) entnehmen, senkt sich die Dolomitabteilung gegen Osten. Sie wird bei Gaebert S. 54 als „obermitteldevonische Schicht“ bezeichnet, S. 57 aber kommt sie über Sandsteine des Oberdevons zu liegen (S. 56 erscheint die sandig-devonische Abteilung aber auch als obermitteldevonisch, in Gegensatz zu Unter-Mitteldevon gestellt).

Es ist gewiss naheliegend an Mitteldevon-Vertretung zu denken,

denn der Altrotsandstein, welcher wahrscheinlich zu a) gehört, streicht ja nicht weit im NW entfernt zu Tage, weshalb wohl auch Doss den unter Schlock zunächst erbohrten Sandstein zum Mitteldevon (a) stellte. Damit aber musste er die obersten gipsführenden Dolomite von Schlock-Pavasari-Kalnciems als Fazies der b)-Abteilung auffassen. Mit dieser haben jedoch die mit oberdevonischem Spirifer archiaci versehenen g)-Dolomite weder paläontologisch noch lithologisch etwas zu tun. C. Grewingk hat (1861, 1883 a. a. O.) sogar die g)-Dolomite sowohl gleichgesetzt den d)-Dolomiten von Stalgen wie dem b)-Dolomit, was natürlich abzulehnen ist.

Die Nähe des wahrscheinlich unteren Altrotsandsteins a) und die Möglichkeit starker fazieller Wechsel gegen N können aber die bisherigen Schichtverwechslungen nicht rechtfertigen, deren Natur uns auf Grund neuer Untersuchungen und Bohrungen nun klar geworden ist.

Die Gips-führenden Dolomite von Kemmern, Schlock, Melluži, Riga sind ohne Zweifel Angehörige des g)-Niveaus. Dessen Unterkante deutet den in mehreren Wellen auf und nieder steigenden Bau quer zu der lettischen Senke ganz gut an. Die gleichen g)-Dolomite zeigen nur den einen Unterschied, dass die am meisten im O also schon küstenferner abgelagerten Bänke unter Riga nur in der oberen Hälfte Gips führen. Darin spricht sich die in der g)-Zeit anfänglich weiter gegen NW, später aber weniger weit entfernte Lage der Küsten- bzw. Gipslagunen-Entwicklung aus.

Die unter Schlock bis über 94 m, unter Riga bis über 150 m mächtig nachgewiesene Sand-Ton-Serie unter g) ist zum wenigsten in der Hauptsache oberdevonisch. Zu ihr gehören auch die unter Lünamünde mit 94,25 m, unter Altmühlgraben mit 48,4 bzw. 63 m erbohrten Sandstein- und Ton-Bänke. Die Ergebnisse dieser beiden Bohrungen wurden mir durch die Freundlichkeit von Herrn Direktor Schultz von den städtischen Gas- und Wasserwerken in Riga, sowie der ausführenden Firma Kalt, Riga, bekannt. Ich habe auch die von Assistent V. Zāns untersuchten Proben dieser Bohrungen der Institutssammlung einfügen können. Nach Durchsicht der Bohrproben von Altmühlgraben liegt dort folgendes Profil zwischen dem Nordende des Stintsees und der untersten Düna (rd. 9,5 km nördlich der Eisenbahnbrücke über die Düna in Riga):

Bohrung Altmühlgraben 1926, II. Linie. Ansatzhöhe ca. 4 m NN.		
Meter		
0,00—18,80	Hellgelber, feiner Dünen-Sand	
18,80—25,30	Dsgl. etwas heller u. feiner; überw. Quarz, dann Feldspat, Muskowit, etwas dunkle Mineralien	Alluvium
25,30—48,64	Feiner Schwimmsand, schwach verkittet	Spätglazial?
48,64—51,40	heller diluv. Spatsand; gröber als darüber; Fluvioglaz. Grand u. Kies, mit viel Quarz, Kalkstein, Granit u. a. Geschiebemergel- Einlagerungen	Diluvium
<hr/>		
51,40—55,10	Roter Sandstein	
55,10—66,00	dsgl. fein, mit Muskowit	
66,00—74,00	Probe fehlt	
74,00—77,00	Etwas hellerer, feinkörn. Sandstein; Mus- kowitz	
77,00—79,55	Altrotsandstein, etwas fester	Devonischer
79,55—85,00	Etwas gröberer, roter Sand, grössere Quarzkörnchen	Altrotsand- stein
85,00—89,00	Fast reiner Quarzsand von gleichmässigem Korn, weiss und rot	
89,00—99,80	Roter, stellenweise auch bunter „Ton“ mit Quarzgeröllchen	
Bei 99,80	Feiner, roter Sandstein. Ende der Bohrung.	

Bohrung Altmühlgraben 1926, 2. Brunnen der Firma Kalt, Riga. Ansatzhöhe ca. 4 m NN.		
Meter		
0,00— 6,50	Feiner, heller Sand (Düne)	
6,50—13,69	Heller, etw. gröberer Sand, mehr Feldspat	
13,69—19,19	Heller Feinsand m. Muskowit	Alluvium
19,19—21,40	dsgl.	
21,40—25,28	dsgl. etwas zementiert	
25,28—37,00	Heller, lockerer Feinsand	
37,00—46,50	Heller, mergeliger Feinsand	Spätglazial?

40,50—47,50	Spatsand mit ziemlich hohem Kalk- u. Dolomitgehalt	
47,50—51,39	Heller, kalkreicher Feinsand, verkittet	
51,39—52,29	Roter Geschiebemergel	
52,29—54,98	Weisser, feiner Quarzsand m. etwas größeren Feldspäten	Diluvium
54,98—58,40	Roter, sand. Geschiebelehm m. kl. Dolomitbröckchen	
58,40—60,44	Lehmiger Geschiebesand (?), rot und graulich	
60,44—61,04	Roter, fluvioglazialer Sand, viel Feldspat, Kalk	
<hr/>		
61,04—83,00	Altrotsandstein, unten heller und feiner	
83,00—83,40	Altrotsandstein	
83,40—107,94	Glimmerführender Altrotsandstein	Devonischer
107,94—115,65	Etwas hellerer Altrotsandstein	Altrotsand-
115,65—124,00	Dunkelroter Altrotsandstein mit grösseren Muskowitblättchen. Ende d. Bohr.	stein
<p>In Bolderaa ergab eine städt. Bohrung: Bis 40,9 m Quartär-sand (bei 11—18 m Tiefe <i>Tellina baltica</i>, <i>Cardium</i>), bis 51 m diluv. sand. Mergel, bis 80,8 m weissen u. roten Sandstein des Oberdevons.</p> <p>6 km nördlich von der Eisenbahnbrücke in Riga wurde ausgeführt: Bohrung auf Kundsinhölm 7. Querlinie.</p> <p>2.Artes. Brunnen Firma Kalt, Riga. 1926. Ansatzhöhe ca. 3 m NN, Meter</p>		
0,00—1,20	Heller Feinsand	
1,20—4,68	Feiner, humoser Sand mit Holzresten	
4,68—14,07	Etwas gröberer, humoser Sand	
14,07—15,14	Grauer, humoser Sand m. Muschelschalen-Bruchstücken u. grösseren Geröllen von silur. Kalk, Mergel, Dolomit	Düna-Alluvium
15,14—15,57	Humusreicher Sand mit Resten von Wasserpflanzen	
15,57—15,61	humushaltiger Schlicksand	
15,61—42,05	Heller, etwas kalkhaltiger Feinsand	Spätglazial?
42,05—43,91	kalkhaltiger Geschiebesand	
43,91—48,67	Heller Diluvialsand	Diluvium

48,67—58,41	Roter, stellenweise auch bunter Ton	
58,41—61,00	Heller, lockerer Sandstein	Oberdevon
Bei 61,00	Hellroter, gleichkörniger Sandstein, bzw. Sand.	

Eine zweite Bohrung traf hier 41 m Quartär, dann bis 68 m überw. Sandstein.

Für Riga selbst wurde mir neuerdings das Ergebnis der 1928 auf Ludsausholm (ca. 3 m NN) gegenüber Hasenholm ausgeführten Wasserbohrung zugänglich, welche entsprechend den mir von der Stadtverwaltung übergebenen Bohrproben ergab (zusammengefasst):

6,00—10,85 m	alluvialen Sand und Schotter	
10,85—12,20 m	Geschiebemergel	Quartär
12,20—13,65 m	Grauer kalkig-dolomit. Mergel	
13,65—17,55 m	„ kalkiger Sand	
17,55—19,80 m	„ Mergel	Devon
19,80—25,68 m	„ kalkhalt. Sand	
25,68—44,81 m	„ Dolomitmergel	
44,81—48,85 m	harter Dolomit	
48,85—62,68 m	weisser Quarzfeinsand mit gutem, artes. Wasser.	

Von Solitude (7,5—8 km westl. der Eisenbahnbrücke über die Düne bei Riga) habe ich auf gleichem Wege folgendes Profil feststellen können (Ansatzhöhe ca. 10 m NN):

Meter		
0,00—28,38	Heller Feinsand	Alluvium
28,38—30,40	Kalkreicher Bänderton	Spätglazial
30,40—34,00	Sehr feiner, heller Sand mit Glimmer	
34,00—34,78	Fluvioglazialer Sand, Gerölle bis faustgross von Silurkalk, Dolomit, Granit. Rötlichgrauer Geschiebemergel	
34,78—44,68	Heller, feiner, geschichteter Diluvialsand	
44,68—47,00	dsgl.	
47,00—51,20	dsgl.	
51,20—52,00	Heller Spatsand, etwas gröber	
52,00—57,14	dsgl.	
57,14—58,64	Grauer, noch gröberer Spatsand	Diluvium
58,64—61,94	Fluvioglazialer Grand und Kies	

61,94—63,00	Fluvioglazialer Sand und Grand dsgl. Kies	
63,00—63,15	Heller, feiner, mergeliger Sand	
63,15—65,64	Fluvioglazialer Kies, überwiegend aus Kalkgeröllen	

65,64—65,74	Hellgelber Sand mit Eisenrost	
65,74—78,00	Weisser, fast reiner Quarzsandstein	Devon
78,00—81,40	Heller, weicher, etw. grobkörniger Sandstein Etwas rötlicher Sand, bzw. Sandstein	

Eine Ende 1929 beendete Bohrung der von Firma V. Kaulinš, Riga, für die Stadtverwaltung an der Strasse Riga-Sassenhof-Schlock bei der Strassengabel östl. vom Gelben-Krug (nö. Station Solitude) ausgeführte Bohrung gibt noch mehr Aufschluss, weil hier noch die Schlock'schen Dolomite erhalten sind. Das von N. Delle nach Bohrjournal und Proben zusammengestellte Profil ist:

Bohrung Solitude-Gelber Krug.
Ansatzhöhe ca. 11 m NN.

Meter		
0,0— 0,90	Humusreicher Sand	
— 3,90	gelbbrauner Sand	Alluvium
— 16,40	Weisser Sand	
— 23,10	Weisser Feinsand	
23,10—24,60	Dunkelblaugrüner Ton, ähnlich dem unter Gips	
— 34,50	Harte, hellgraue Dolomite mit roten Ton- zwischenbänken	
— 48,00	Grünlichweisser Sandstein	
— 73,00	Roter, ziemlich grober Sandstein, nach unten tonig und fein	
— 80,00	Feinsandstein, hellrosa	Oberdevon
— 83,00	Weisser Sandstein	
— 111,00	Bunte Tone (violett, rot, grün)	
— 114,00	Feinsandstein, rosa	
— 117,04	Toniger Sandstein oder Sand m. Ton- lagen	
— 146,00	Sandstein, grauweiss, unten weiss mit ziemlich viel eisenreichem Wasser.	
Ende der Bohrung.		

Die Angaben sind bei dieser Meißelbohrung nicht ganz exakt. Der artesische Auftrieb war gering. Auch etwas höher gab es Grundwasser.

Hinsichtlich der Tektonik sind die nachfolgend zusammengestellten Zahlen bei diesen Bohrungen von besonderem Interesse.

Höhenlage in Meter NN von				
Bohrung:		Oberkante des f) — Sandsteins	Quartär- Unterkante	Diluvium?
Schlock		—18	— 8	fehlt
Dünamünde	höher als	—43,7	—43,7	vorhanden
Altmühlgraben	„	—47	—47,4	„
dsgl.	„	—57	—57	„
Kundzinholm	„	—45	—45,6	„
Solitude	„	—55	—55,6	„
Solitude, gelber Krug		—23,5	—12,1	fehlt
Riga Kr. Baronstr.		—57		vorhanden
„ Bahnhof		—34	—12,3	wenig
„ Festungsgraben	—34 bis	—38,5	—3,5 bis —30	wenig

Die tektonische Höhenlage ist zwar nicht einwandfrei aus diesen Zahlen zu entnehmen, die schon deshalb ungenau sind, weil die NN-Höhen der Bohrstellen nicht scharf bestimmt wurden. Aber auch die Oberkante von f) ist ja keine isochrone, sondern nur eine isope Fläche. Zudem haben wir aus zahlreichen Bohrungen nur die Mindesthöhe erfahren, denn sie ist mehrfach schon abgetragen. Immerhin liegt sie unter Schlock wesentlich höher als unter Solitude und noch höher als unter Riga. Hier wurde sie Ecke Kr. Baron-(Suworow-) und Blaumann- (Gr. Newa)-Strasse erst auffallend tief erbohrt.

Klarer sind schon jetzt die sehr mannigfachen Verhältnisse an der Quartär-Unterkante. Es wiederholen sich deutlich die Beobachtungen im Untergrund von Mitau: Bei hoher Lage der Quartär-Unterfläche, die mindestens teilweise sicher tektonisch ist, haben wir kein oder nur wenig Diluvium, umgekehrt bei tiefer Lage. Diese Tatsache muss auf das jungdiluviale Alter der Hebungs- oder Senkungsvorgänge zurückgeführt werden, wie ich dies aus anderen Gründen schon 1928 darstellte (Wirkung der Baltischen Dislokations-Phase)¹⁰⁾.

Was die östl. Fortsetzung unseres Devonprofils durch die Lettischen Senke betrifft, so treten wir hier leider aus dem Gebiet des

¹⁰⁾ Ostbaltikum II.

von Bohrungen reichlich durchlöcherten Untergrundes von Riga in ein ganz unbekanntes Gebiet. Zwar hat die Stadt Riga im Interesse ihrer Wasserversorgung in der Gegend des Weissensees vor etwa 50 Jahren reichlich zahlreiche Bohrungen ausführen lassen; zwar sind zur Erweiterung der Wasserversorgung nunmehr in der Gegend der Station Rodenpois durch die Firma Kalt neue Probebohrungen in Arbeit. Aber keine von diesen Bohrungen hat bisher die sehr mächtige Quartärdecke mit ihren Flussanden und Schottern durchsunken. Erst südlich am grossen Jägel kommen die Gipse von Stubbensee und die nach C. Grewingk zu den unteren Dolomiten (b) gehörigen Vorkommen von Minthus-Schloss Rodenpois zutage. Mit ihnen hebt sich also das Devon aus der Tiefendepression der lettischen Senke gegen O empor und bei Hinzenberg treffen wir bereits unter den b)-Dolomiten die a)-Sandstein des unteren Altrotsandsteins. Im Mündungsgebiet der Livländischen Aa dürfte die Heraushebung plötzlich erfolgen als weiter südlich, wo sich deutlich in die allgemeine Senkungszone hinein aus SO der höher emporragende Dolomitvorsprung des Dünaunterlaufs schiebt von Steinholm-Dahlen NW bis Minthus-Schloss Rodenpois im O und bis über die Düna im S.

Die gerade in diesem Gebiet noch in den letzten Jahren ausgeführten, exakten Arbeiten sind für unsere Auffassung des ganzen Profils der Lettischen Senke von entscheidender Bedeutung.

5. Das Dünaprofil von Dünhof-Dahlen.

Vorarbeiten für das grosse Kraftwerkprojekt auf der Insel Dahlen in der Düna hatten 1923—1924 nicht weniger als 44 m Bohrungen und 23 Schurfgräben nötig erscheinen lassen. Professor Bogdanowicz, in dessen Händen die Vorbegutachtung lag, hatte sie veranlasst. 1926 wurde im „Technischen Journal“ S. 74—115 unter Beifügung der Profile eingehend über die Art der festgestellten Schichten berichtet. Ich habe, zur endgültigen Beratung aufgefordert, zur Klärung einiger praktisch wichtiger Fragen noch eine 55 m-Bohrung am SO-Ende der Insel Dahlen und je zwei Bohrungen zu 25 m in Dünhof (bei Uexküll) und am NW-Ende von Dahlen vorgeschlagen. Ueber deren Einzelergebnisse ist an anderer Stelle berichtet worden.

Das Gesamtprofil auf einem Schnitt parallel der Düna zeigt Fig. 3. Die Horizonte senken sich von da weiter gegen NW unter Riga

und gegen SW (Mitau) tief herab in die Lettische Senke. Der mächtige Gips von Dünhof bei Uexküll, der von Grewingk unberechtigtweise für mitteldevonisch (Abteilung c) gehalten worden war, ist oberdevonisch (e), liegt höher als der bereits oberdevonische d)-Dolomit. Gleiches gilt für eine Reihe von anderen, mächtigen Gipsvorkommen, einschliesslich jenen von Rypeiki, Schlock, Riga. Die Ansicht, dass in Kurland die Grenze zwischen Mittel- und Oberdevon über „den Gipsmergeln“ zu ziehen sei (H. Scupin, Ostbaltikum I, S. 214; C. Gaebert, Ostbaltikum III, S. 53) ist nicht stichhaltig, und kann durch das Auftreten des als Leitfossil im strengen Sinn nicht auffassbaren Spirifer tentaculum keine Begründung finden. Gipslager kommen im Mitteldevon (c), hauptsächlich aber im Oberdevon (e, g) vor.

Zur Beurteilung der Profillage in der Lettischen Senke ist vor allem der Vergleich der tieferen Bohrungen Dahlen SO und Mitau I von Bedeutung:

Meter unter Normalnull	Schichten der Bohrung Mitau I	Abteilung	Schichten der Bohrung Dahlen SO (Vampnieschi)	Meter unter Normalnull
11,11— 55,11	tonig dolomitischen Abteilung	e (f)		
55,11— 68,61	Wechsel von Sandstein, Dolomit mit buntem Ton	e	fehlt durch Abtragung	
68,61— 86,11	Überwiegend bunter Ton; etwas sandig	e ₁		
86,11— 95,11	harter Platyschisma-Dolomit mit Mergelbänken	d	harter Platyschisma-dolomit mit Mergelzwischenlagen	+2,5 bis -3,3
95,11—104,91	Mergel- und Dolomitbänke im Wechsel	c ₂	heller mergeliger Dolomit wechselnd mit Dolomitmergel	3,3—10,23
104,91—115,61	Graue Mergel mit Dolomitbänken und Asche	c ₁	Grauer Ton, Ton- und Dolomitmergel	10,23—20,79
115,61—127,61	harter, grauer Dolomit gegen unten Mergel	b ₂	harter, grauer Dolomit	20,79—29,00
127,61—130,11	Dolomitmergel	b ₁	Grauer Dolomit- und Kalkmergel	29,00—35,5
bis unter— 181,61	Unterer Altrotsandstein mit Tonbänken	a	unterer Altrotsandstein mit Tonbänken	bis unter -50,84

Ein Blick auf diese Tabelle zeigt was durch den genauen Vergleich der betreffenden Bohrkerne leicht feststellbar ist; dass nämlich die einzelnen Horizonte sehr weitgehend übereinstimmen und ohne Zweifel in der angegebenen Weise zu parallelisieren sind. Ausserdem ersieht man sogleich, dass das gesamte Profil unter Mitau fast 100 m tiefer liegt als in Dahlen SO. Zwischen beiden befindet sich der Abfall hinab zur Lettischen Senke.

Die einzelnen Horizonte stimmen, wie das in meiner „Geschichte des Devons in Lettland“ des näheren erläutert werden konnte, ausgezeichnet mit allen Ausstrichen an der Düna überein, in denen man auch die zugehörigen Fossilien auffindet. Es war mir daher nicht möglich der Alterseinreihung der Mitauer Bohrerergebnisse durch C. Gaebert (Ostbaltikum III, S. 56) zuzustimmen. Die bis 91 m Bohrlochtiefe (bis —86,11 m NN) herabreichenden Horizonte sind nicht Ober-Mitteldevon, sondern zusammen mit den obersten der schon zum Unter-Mitteldevon gestellten Bänke oberdevonisch (mit *Spirifer verneuili* var. *archiaci*). Die tieferen Horizonte erst sind mitteldevonisch (mit *Spirifer anossofi*).

6. Die weitere Umgebung der Lettischen Senke.

Die Umgrenzung unserer tektonischen Depression ist einstweilen nur unscharf zu sehen. Da die Gipse auf der SO-Zone von Baldohn-Barbern bis an die Memel oberdevonisches Alter besitzen dürften, gliedert sich wohl die östl. Umrahmung durch Einschaltung einer breiten, sanften Einmuldung. Sie liegt zwischen dem Hebungsgebiet der Dünadolomite (Kegums-Dahlen NW und jenem der Dolomite an der Kurischen Aa (Bauske-Gr. Ekau-Stalgen-Hofzumberge).

Von diesen beiden dolomitischen Rücken senkt sich der Schichtenbau rasch gegen NW nach Riga und Mitau. Er senkt sich nach O sanft zum Oberdevon von Lennewaden-Kastran (Oberlauf des kleinen Jägel) bzw. nach SO (Gipszone von Birsen in Litauen) und nach SW (Perm und Jura südl. Autz gegen Popilanj).

Aus der Tiefe der Lettischen Senke wölbt sich sodann der Unterbau gegen W wieder empor bei Tuckum und an der oberen Abau, wo z. B. bei Irmelau schon in höherer Lage die d)-Abteilung mit *Productella* ansteht.

Gegen N scheint sich die Senke bis gegen die Inseln zum Mohn-Sund auszudehnen. Doch zeigt das Erscheinen des unteren Altrot-

sandsteins an dem O- und W-Ufer des Riga'schen Meerbusens, dass die Achse der grossen Mulde sich gegen N heraushebt. Wo die gegen N schwächer werdenden Dolomitbänke der b)-, d)- und g)-Abteilung unter dem Meerbusen austreichen, ist noch nicht bekannt. Wir wissen¹¹⁾ nur von den Felsriffen bei Kaugern; in 12 m Wassertiefe nördl. der Grenze Bilderlingshof-Majorenhof; 9 km entfernt von Dubbeln (2 m tief) 1 km von der Küste gegen NNO, dann ONO streichend, und jenseits der Dünamündung. In der Hauptsache dürfte es sich dabei um die g)-Dolomite handeln, die auch bei Schlock austreichen, während die tieferen Dolomite wesentlich weiter im N an den Schlickboden des Meerbusens herantreten, falls sie nicht vorher schon in Tonmergel ausgekilt sind.

Ein Blick auf die in der weiteren Umgebung der Lettischen Senke gegen O und W ausstreichenden Gesteine belehrt uns, dass sich gegen W hin der tektonische Bau noch weiter heraushebt. Trotz der Reliefaufwölbung der kurischen Halbinsel biegen sich die einzelnen Horizonte (Gipszone von c, Produktuszone von d) nur schwach gegen N vor. Die allgemeine Schichtabdachung in südl. Richtung bedingt dabei eine Senkung der Wölbungsachse gegen S.

Gegen O ist die tektonische Emporwölbung noch kräftiger. Die Oberkante des unteren Altrotsandstein a) liegt in Mitau bei -130 m NN, in Dahlen SO bei $-35,5$ m NN, bei Pullandorf (Allasch) in rund $+65$ m NN, bei Segewold in $+85$ m NN, bei Wenden in $+93$ m NN. Das ergibt immerhin einen Höhen-Unterschied von 223 m, wobei Mitau noch keineswegs über dem tiefsten Teil der Lettischen Senke steht.

In der im vorigen Jahr fertiggestellten Bohrung für das Export-schlachthaus Wolmar (etwa 500 m WSW vom Bahnhof, rund 47 m NN) wurde unter Diluvium (46,8—17,4 m NN) und unter dem Altrotsandstein bei $-111,64$ m NN offenbar bereits das Silur erreicht und noch bis $-195,59$ m NN herab durchbohrt. Das Grundwasser enthält im Silur 4 gr. NaCl pro Liter. Es ist jetzt als gutes Mineralwasser in den Handel gebracht worden.

¹¹⁾ C. Grewingk, „Über unterseeische Auswaschungen ostbaltischer Dolomite“. Sitz.-Ber. Naturf.-Ges. Dorpat, VI, 1881, S. 83—87.

Ergebnis.

Der in den letzten Jahren durch zahlreiche Teilstudien und durch die Erfassung der neuen Bohrergebnisse gewonnene Stand der Kenntnis über das Profil der Lettischen Senke hat sich gegenüber dem vorigen in vieler Richtung erweitert. Wir kennen heute das genaue stratigraphische Profil des devonischen Untergrundes im Zusammenhang an zahlreichen Orten und können hieraus paläogeographische und tektonische Folgerungen ziehen. Wir stellen in der Lettischen Senke einen oberdevonischen Schichtenstoss e)-g) von über 200 m Mächtigkeit fest, der in der Umgebung zum grössten Teil fehlt, weil er in der höher liegenden Umgegend schon abgetragen worden ist.

Der tektonische Bau zeigt eine ganz ausgesprochene, breite Muldenzone, die in allgemein nordsüdlicher Richtung streicht, und deren Achse ähnlich wie die ganze ostbaltische Platte sanft in südlicher Richtung einsinkt. Der maximale Höhenunterschied gegenüber der östlichen Umgebung, gegen welche er mindestens 250 m beträgt, ist viel bedeutender als gegen die kurische Halbinsel im Westen.

Die Senke ist im einzelnen nicht unverbogen, sondern stark gegliedert. Von dem Bereich der Dünamündung bis über die unterste Livländische Aa hinaus dürfte sie sich weiter nach O ausdehnen als südlich davon, wo der Dolomitsockel von Rodenpois-Minthus-Dahlen NW-Ixtrumünde (an der Ekau)-Stalgen (an der Kurländ. Aa) in die Senke vorspringt. Auch dieser aufgewölbte Sockel ist stark gegliedert wie Fig. 3 zeigt und er ist im Bereich der Misse sanft eingebogen. Er senkt sich gegen O (Lennewaden) und SO (Birsen) tiefer herab, während sein Westabfall in der Gegend von Autz mit der Fortsetzung der Lettischen Senke zusammenfällt. Die westliche Aufbiegung der Senke ist in der obersten Abau bei Irmelau, ausserdem bei Tuckum deutlich.

Doch auch das Senken-Innere ist verbogen, wie Profil Fig. 2 erkennen lässt. Kleinere Sättel und Mulden kommen bei Schlock hinzu, und im Untergrund von Mitau ist sogar eine Staffelabbruch in allgemein nördlicher Richtung festzustellen. Hier wird eine mittlere Devonscholle gegen S durch einen Sprung von etwa 20 m, gegen N durch einen solchen von etwa 65 m Sprunghöhe abgeschnitten.

Was die Zeit der Bildung unserer Lettischen Senke betrifft, so dürfte sie wie so viele andere tektonische Gebilde nicht einheitlicher Entstehung sein. Dass sie in devonischer oder sogar

Akas urbums pie Jelgavas pils.

I. akas urbums Jelgavā pie ūdens-
torņa.

II. akas urbums Jelgavā Svētes un
Valņu ielu stūrī.

Akas urbums Jelgavā pie stacijas.

Bohrbrunnen im
Schlosshof Mitau.

Bohrbrunnen Mitau I beim
Wasserturm.

Bohrbrunnen Mitau II an der
Ecke Schwedhofsche und
Wallstrasse 3.

Bohrbrunnen Mitau bei der
Bahnhofstation

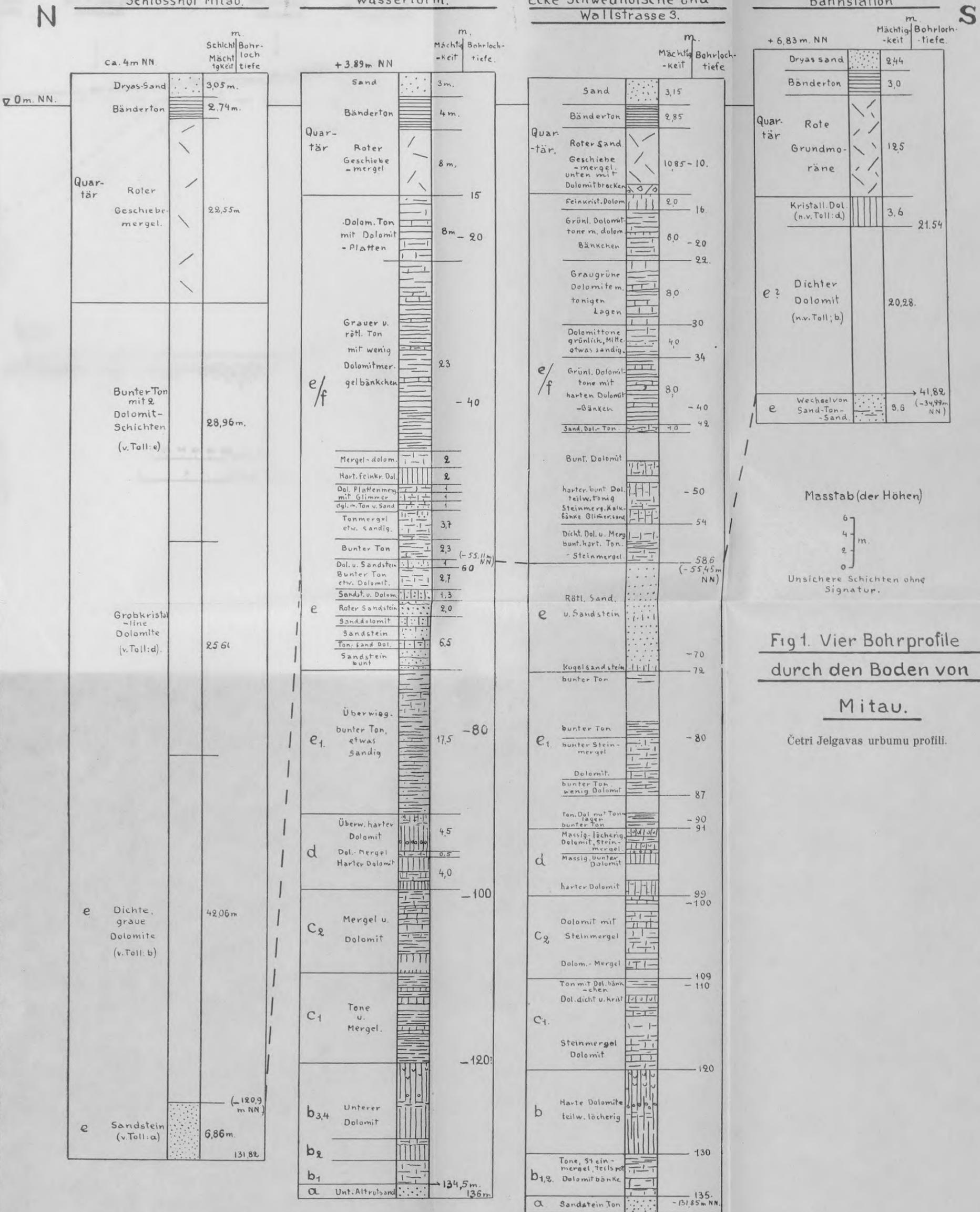


Fig 1. Vier Bohrprofile
durch den Boden von
Mitau.

Četri Jelgavas urbumu profili.

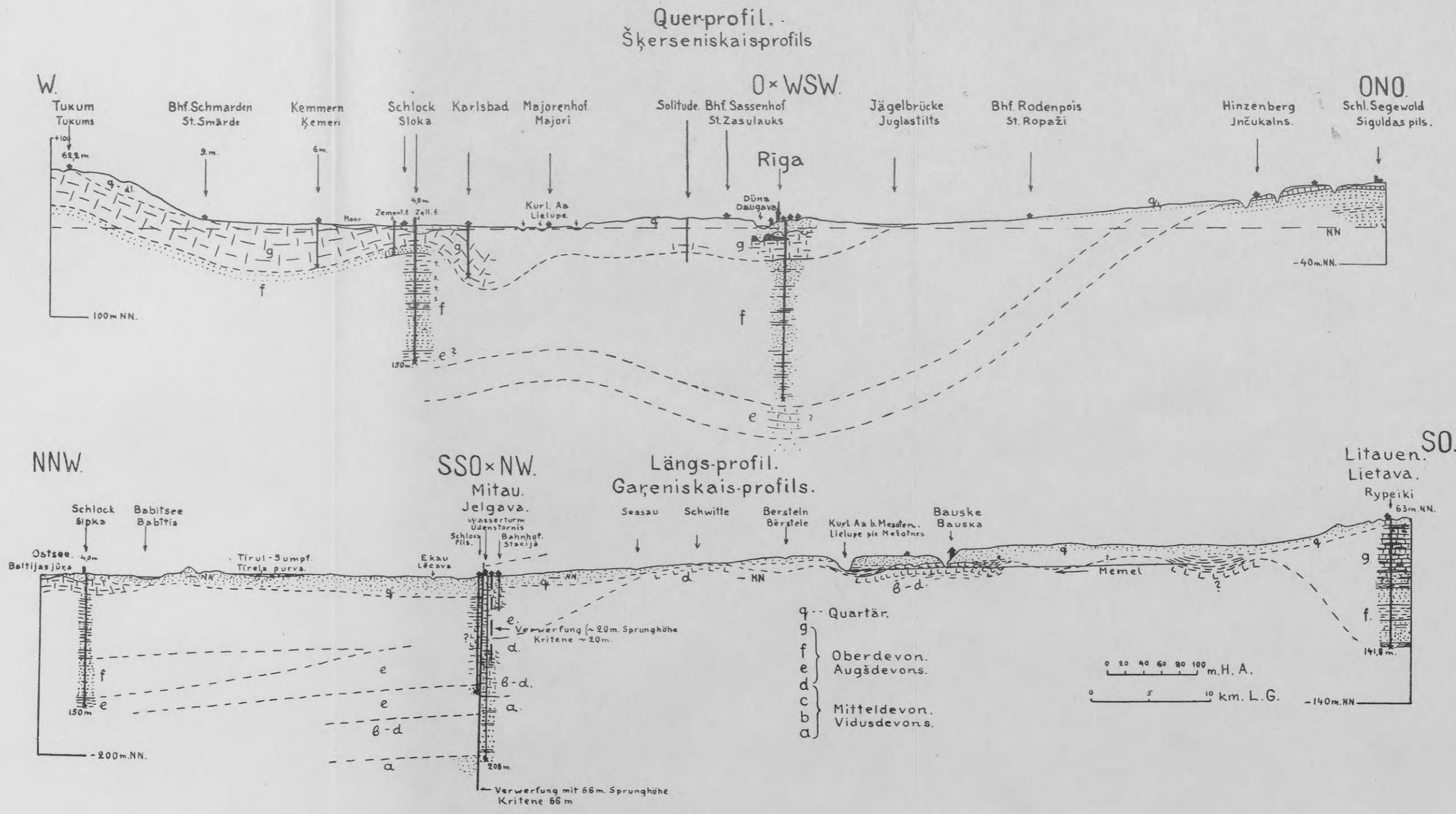


Fig. 2.

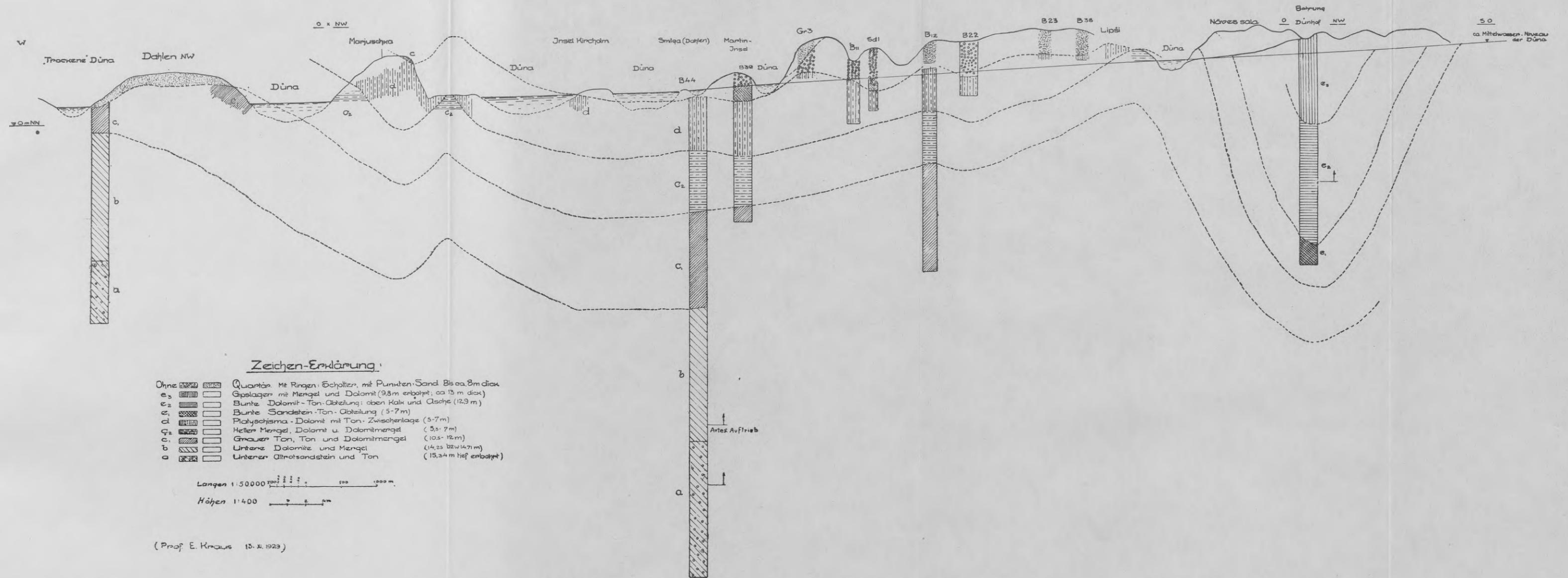


Fig. 3. Profil längs der Düna zwischen Dünhof (s. Üxküll) und Dahlen NW oberhalb Riga.
 Profils gar Daugavu no Līves muižas līdz Doles salas NW daļai augšpus Rīgas.

allgemein in vorquartärer Zeit schon bestanden hat, dafür gibt es keine Anzeichen. Die Untersuchung der Profile und Höhenlagen hat ergeben, dass sich die 1928 von mir ausgesprochene Ansicht einer Mulde quartären Alters in der Hauptsache bestätigen lässt. Die tektonische Teilsenke von Birsen, die schon in den Rahmen der Senke fällt, ist vor der spätglazialen Zeit entstanden und dann zusammen mit der noch nicht oder nur wenig gehobenen Nachbarschaft als Schwelle der kurisch-litauischen Endmoräne emporgestiegen. Die Teilgliederung der Senke spricht sich nicht oder fast nicht im heutigen Bilde des gesamten Oberflächenreliefs aus. Da wir von einer sehr jugendlichen Bewegung erwarten dürfen, dass sie sich in diesem ausprägt, so werden wir folglich die Teilbewegung in und an der Senke als Vorgang älteren Datums ansprechen müssen. Dagegen kann ein sehr weitgehender Gleichklang zwischen tektonischem Bau im grossen und Oberflächenrelief festgestellt werden. Wir schliessen aus ihm, dass die Bewegungsursachen, die das Zurückbleiben der Lettischen Senke gegenüber ihrer emporsteigenden Nachbarschaft bedingten, sehr jungen Datums sind. Aus anderen Tatsachenreihen, nämlich aus der jungdiluvialen Rückzugsgeschichte des Inlandeises und aus den späteren Ereignissen hatten wir bereits die gleichen Schlussfolgerungen entnehmen können.

Dies schliesst aber natürlich nicht aus, dass auch ein Teil der Klein-Verbiegungen bzw. der Verwerfungen sehr jugendlichen Alters ist oder wenigstens in jüngster Zeit erneut bewegt wurde.

Salztektonik in Lettland

Von Prof. Dr. E. Kraus, Riga

Mit 6 Abbildungen

Teil XI der „Studien zur Ostbaltischen Geologie“.

Die eigenartigen Verbiegungen der ostbaltischen Platte hat H. Scupin kürzlich mehrfach besprochen¹⁾. Er kam zu dem Ergebnis, dass sich viele von diesen Erscheinungen auf pseudotektonische Vorgänge zurückführen liessen. Von den tektonischen Bewegungsbildern bezieht er zahlreiche mit einem Schichtfallwinkel unter wenigen Graden auf epirogenetische Impulse, die er für das Vorquartär allein anerkennen kann. Erst im Quartär sind in Gestalt von schärferen Verbiegungen und von grösseren Verwerfungen die sicheren Anzeichen für orogentische Bewegungen vorhanden. Mit dieser Vorstellungsserie bestätigte er die Schlussfolgerungen, welche ich bereits für die Lage in dem benachbarten Ostpreussen²⁾ zu ziehen gezwungen gewesen war, und welche ich im Ostbaltikum in vollem Umfang wiedergefunden habe³⁾.

Was aber die pseudotektonischen Vorgänge betrifft, was neben der Beachtung der ohne Zweifel vorhandenen glazialen Stauchungen insbesondere den Versuch anlangt, durch unterirdische Auslaugung ehemals Gips-reicher Horizonte eine grosse Anzahl sehr typischer Faltungsbilder etwa an der Düna zu erklären, so kann ich trotz sehr reichlichen älteren und neueren Beobachtungsmaterials bis heute kein Beispiel dieser Art anführen. Musste ich mich daher diesen Gedanken gegenüber ablehnend verhalten, so freut es mich andererseits heute Beobachtungen mitteilen zu können, welche auf eine kombinierte

¹⁾ H. Scupin, „Epirogenese und Orogenese im Ostbaltikum“, Acta Univers. Dorpatensis A XI, 3, 1927. Derselbe „Ostbaltikum I“. Gebr. Bornträger, Berlin 1928, S. 200—209.

²⁾ E. Kraus, „Der Abschmelzungsmechanismus des jungdiluvialen Eises im Gebiet des ostpreussischen Mauersees“. Jahrb. d. pr. geol. Landesanst. 1923, 44, S. 221—242. Derselbe, „Die Quartärtektonik Ostpreussens“. Ebenda für 1924, 45, S. 711 ff.

³⁾ E. Kraus, „Ostbaltikum II“. Gebrüder Bornträger, Berlin 1929, S. 129 ff.

Wirkung von tektonischer Bewegung und Salzführung des Untergrundes schliessen lässt. Auf eine Kombination, die zugleich den von mir anfangs weniger optimistisch betrachteten Gedanken⁴⁾ von dem Auftreten beträchtlicherer Salzmenge im Untergrunde des Ostbaltikums bestätigt. Ausserdem ist sie geeignet meine Vorstellung über die Bildung des Kraters von Sall auf Oesel näher zu beleuchten; besser als dies möglich war⁵⁾, bevor ich die im Folgenden besprochenen Geländebeobachtungen im Devon gemacht hatte.

Die Stratigraphie des lettischen Devons

lässt sich nach den in den letzten Jahren vorgenommenen Geländearbeiten⁶⁾ in folgender Übersicht wiedergeben:

	ca. m
Oberdevon	
g) Gipsführende Dolomit-Tonabteilung	50
mit Spirifer f) Oberer Altrotsandstein mit Tonbänken	120
verneuili var. e) Tonig-dolomitische Abteilung, oben Gips-lager, unten Sandstein oder Sanddolomit mit	
archiaci	
Holoptychius, Bothriolepis, Dipterus	17—26
d) Dolomit mit Platyschisma und Natica kirch-holmiensis, Productella	4—11
Mitteldevon	
c) Dolomitmergel und Ton	
mit Spirifer	
2) Mergel- und Dolomitbänke mit Spirifer	
anossofi	
tenticulum, Phragmoceras	3—7
1) Graugrüner Ton mit Steinsalz im S,	
Gips im N	7,5—12
b) Untere Dolomite und Fucoidenmergel mit	
Rhynchonella livonica, Bothriolepis	
4) unterer Wasserfalldolomit, von oben nach	
unten: Atrypa reticularis, Orthis striatula,	
Pecten ingraiae; Murchisonia u. a.	6—9

⁴⁾ H. Scupin, „Die Frage des Vorkommens von Steinsalz in Estland“. Sitz.-Ber. Naturf.-Ges. Univ. Dorpat, 29, 1922. Derselbe, „Alter und Herkunft der ostbaltischen Soolquellen und ihre Bedeutung für die Frage nach dem Vorkommen von Steinsalz im baltischen Obersilur“. Acta Univ. Dorpatensis A X, 2, 1926.

⁵⁾ E. Kraus, R. Meyer, A. Wegener, „Untersuchungen über den Krater von Sall auf Oesel“. Gerlands Beiträge zur Geophysik. 20, 1928, S. 357 ff.

⁶⁾ Vgl. E. Kraus, „Die Geschichte des Devons in Lettland“, Annalen der Univers. Lettlands, 1930.

3) Fucoidenmergel	1,5—2,5
2) Gastropodenbank mit Murchisonia, Holo- pella, Euomphalus, Natica; Dipterus	1,5—6,5
1) Estherienmergel mit Asche und Dolomit- bänken, Estheria membranacea, Cyrtoceras	2—6
a) Unterer Altrotsandstein mit Tonbänken. Asterolepis ornatus; gegen unten (a ²) mit Holosteus, Heterosteus	220—250

Liegendes: Unter- bzw. Ober-Silur.

Sehr schön spiegelt dieses Profil die dreimalige Invasion des mittel- bzw. oberdevonischen Meeres über das Altrotsandsteingelände wieder: in b), in d) und in g). Ausgezeichnet ist die Gezeiten- und Wattenschlick- bzw. die salinare Lagunenzonen jeweils zwischen den sandigen Festlandsbildungen und dem Dolomitlager des vordringenden Meeres erhalten⁷⁾. Der Meeresrückzug war in c) am schwächsten. Der salinare Randgürtel breitete sich damals über Lettland aus.

In dieser Zeit des oberen Mitteldevons entwickelte das zurückweichende b)-Meer zuerst auf einem weiter nördlich gelegenen O-W-Streifen ziemlich bedeutende Anhydrit- (jetzt Gips-) Lager, später ein wenig weiter im S, besonders an der Düna, stärkere Steinsalzausscheidungen.

Steinsalz ist natürlich nur noch in der Tiefe vorhanden und durch die Zunahme der Chlor-Jonen in den tieferen Wasserbohrungen nachzuweisen. Ein Beispiel gibt das zur Zeit tiefste Bohrloch in Lettland, das 1928 auf 242 m vertiefte von Wolmar, bei dem sich, freilich in diesem Fall aus Mergellagen des Obersilurs mit Steinsalzpseudomorphosen stammend, Grundwasser mit 4 gr Kochsalz im Liter fand. Auf andere Beispiele, die sich inzwischen noch bedeutend vermehrt haben, wies nach C. Grewingk u. a. bereits O. v. Linstow⁸⁾ hin. An der Erdoberfläche gibt es nur noch die vielen, oft wundervoll erhaltenen Würfel-Pseudomorphosen nach Kochsalz, die Auslaugungsbrekzien und Rauhacken bzw. Aschen. Auch die charakteristischen Bilder der Salztektunik fehlen nicht.

⁷⁾ Die Einzelheiten, welche allgemeines Interesse beanspruchen dürften, wurden in meinem Manuskript zu einer „Geologie von Lettland“ niedergelegt.

⁸⁾ O. v. Linstow, „Die im Mitteldevon auftretenden Mineralquellen am Westrand der russisch-galizischen Tafel“. Archiv f. Lagerst. Preuss. Geol. Landesanst. Heft 42, 1929.

Die Tektonik der jungmitteldevonischen Ab- teilung c).

Bei einer von mir im Frühjahr 1929 abgehaltenen Kartierungs-Übung für Studenten, entdeckte stud. Perkon in dem ihm zugeteilten Arbeitsgebiet höchst merkwürdige, geradezu alpin aussehende Faltungsbilder, die er sich nicht erklären konnte. Klettert man am linken Dünasteilgehänge 1 km südwestlich der Ruine Altseelburg (Sweinjek), also unterhalb von Stockmannshof, zum Dünaufer herab, so trifft man hier unter den d)-Dolomiten die c)-Mergel in ausserordentlich kleiner Fältelung (Fig. 1 und 2).

Die rund 10 m mächtigen Bänke von c)-Mergel und Dolomitbänkchen zeigen einen weiten Sattel und eine unregelmässige Mulde. Die Schichten werden an zwei Stellen von einem 2—3 m hoch aufgeschlossenen Brekziengang schräg durchsetzt. Die Brekzie zeigt ein vollkommenes Durcheinander von eckigen Bruchstücken toniger, dolomitischer und mergeliger Bänke, die durchweg in der c)-Abteilung vorliegen und von der Brekzie durchbrochen werden. Vieleckig-winkelige Hohlräume gibt es in Menge in dieser Rauhwackebrekzie, und die Hohlräume enthalten oft gelblich-pulverige Asche, wie sie als Rückstand von ehemals salzreichem Gestein wohl bekannt sind. In gleicher Weise typisch für Gestein, in welches salzreiches Haselgebirge eingepresst wurde, ist die scharf diskordante Lagerung, die Faltung des Nebengesteins, die teilweise vielleicht als Quelfaltung gelten kann, das gangartige Hindurchbrechen der Rauhwacke. Die Mobilitätsunterschiede müssen bei Bildung dieser tektonischen Erscheinung zwischen dem eindringenden und dem durchsetzten Material recht gross gewesen sein. Da irgendwelche Flüssigkeiten magmatischer Art ausscheiden und auch an Wasser nicht zu denken ist, welches ja auch das übrige Gestein hätte beweglich machen müssen, da ausserdem durchaus nicht etwa eine Oberflächenerscheinung vorliegt, sind wir ohne Zweifel gezwungen hier auf die Wirkung von Steinsalz zu schliessen. Von diesem ist ja allein bekannt, dass es sich zugleich unter nicht all zu hohem Druck sehr mobil verhält und zugleich leicht durch spätere Auslaugung vollkommen verschwinden kann. Mit recht unbedeutenden Spaltenbildungen und Schollenverschiebungen nur haben die über dem ganzen ruhenden d)-Dolomite die ungleichmässigen Bewegungen in c) quitiert.

An anderer Stelle sieht man, dass auch recht schmale Salzbrekziengänge auf Spalten das Nebengestein durchbrochen haben (Fig. 3).

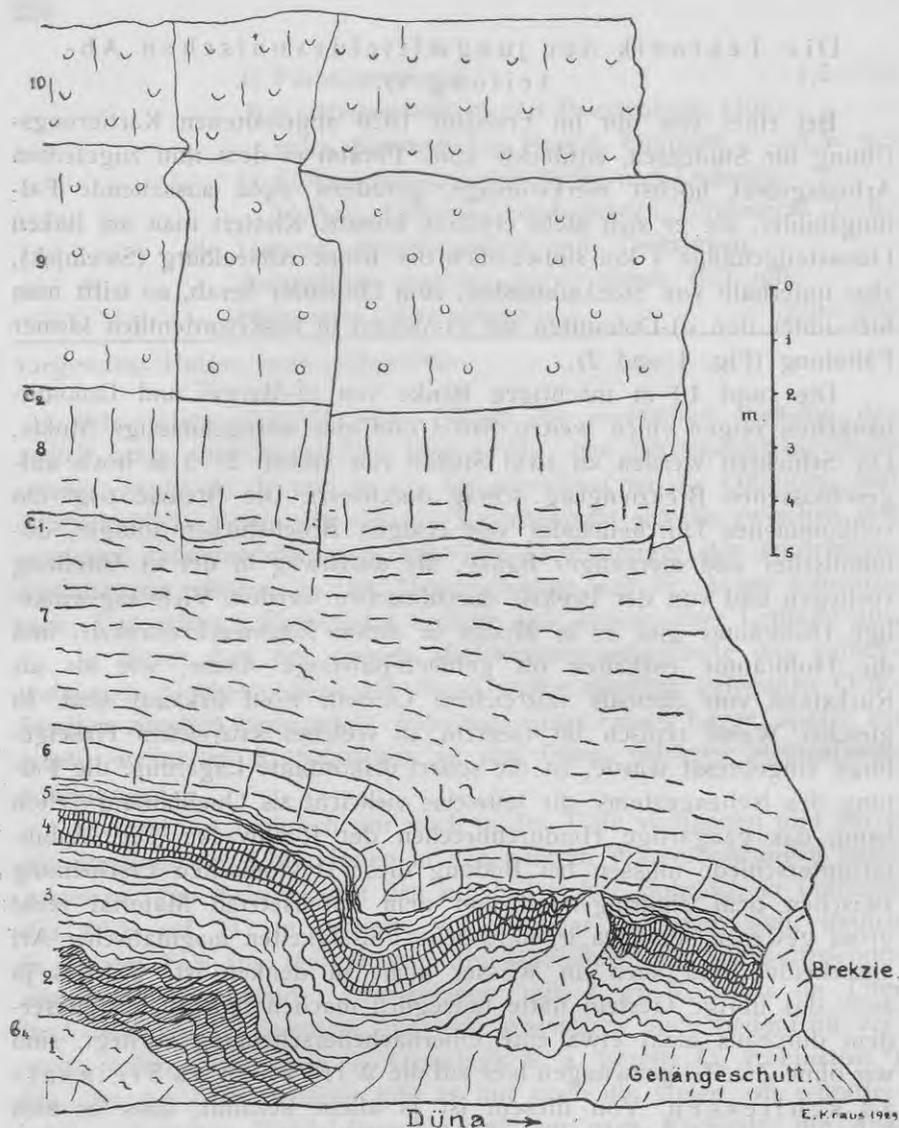


Fig. 1. Profilskizze am linken Düna-Steilgehänge 1 km SW Altseelburg (Zvejnieki) unterhalb Stockmannshof. 1 harter, grauer Knollendolomit (wohl Oberbank von b⁴). 2 überwieg. graugrünl. Tonmergel. 3 hellgrauer, dolomit. Zementmergel, gebankt. 4 harte Dolomitbänke m. schw. Schiefer wechselnd. 5 hellgrauer Zementmergel. 6 harte Dolomitbänke m. dünnen, schw. Tonlagen. 7 überwieg. grüngrauer Dolomitmergel. 8 glatte Dolomitbänke, unten mergelig. 9 harter, lückiger Dolomit. 10. höhlenreicher Platyschismadolomit. (8–10 schematisch).

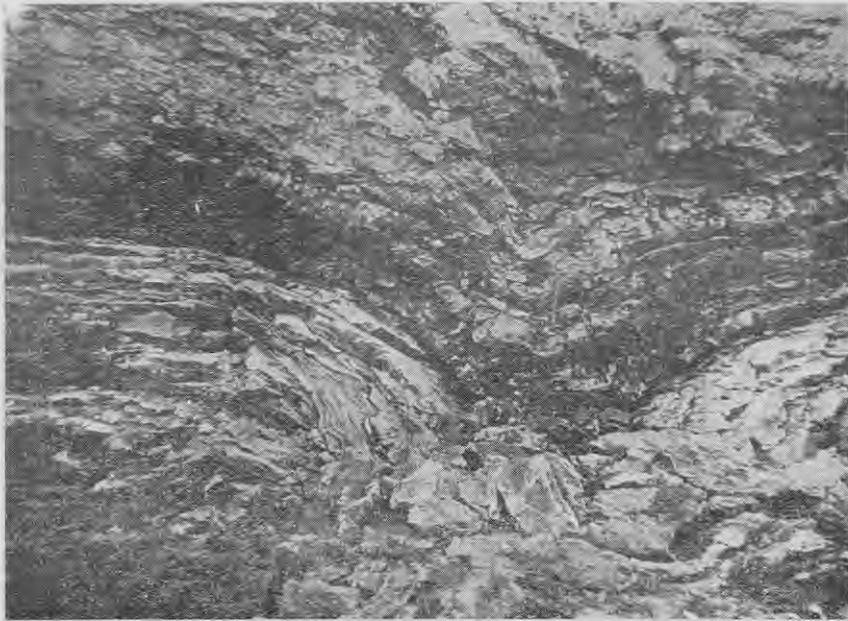


Fig. 2. Aufnahme der Mulde in Fig. 1 (Schicht 3–6) an d. Düna 1 km SW Altseelburg. H. Bielenstein phot.



Fig. 3. Aufgebrochener Sattel in Stufe c_1 mit Brekziengängen (z. B. am Hammer). Rechtes Dünasteilufer bei Brody unterhalb Stockmannshof. V. Zäns phot.

Am rechten Dünasteilufer zwischen Brody und Jaunsem, gleichfalls unterhalb Stockmannshof, hatte ich im Mai 1927 nur den Ober- teil des Profils Fig. 4 mit seinen für die Tektonik in Lettland ganz ungewöhnlichen Schollenaufschiebungen beobachten können. Starke Eisschiebungen und Hochwasser in der Düna hatten aber im Frühjahr 1929 auch den tiefer liegenden Schutt teilweise fortgeräumt. Dadurch

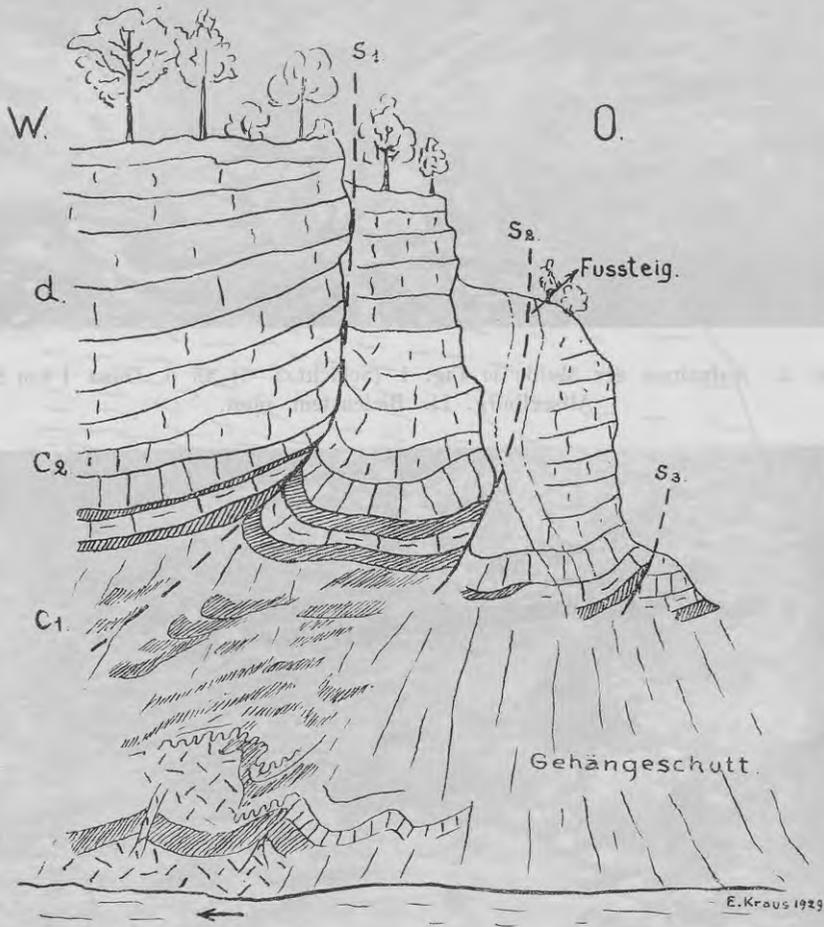


Fig. 4. Profilsansicht des rechten Dünasteilufers zw. Jaunzemi und Brody unterh. Stockmannshof. Der ehemals salzreiche c-Mergel wurde emporgepresst, sodass die d)-Platte zerbrach und bei S_1 um 0,8 m, bei S_2 um 1,2 m, bei S_3 um 0,8 m über die Nachbarscholle geschoben wurde. Die Buchstaben siehe Tabelle S. 227.

sah man 4—6 m unter dem d)-Dolomit in den c)-Mergeln und Dolomitbänkchen eine starke Zertrümmerung und Faltung. Namentlich die Sättel erwiesen sich öfter von Spalten durchsetzt. Auf einer solchen von 5—8 cm Breite (Str. N 140°0) traf ich wieder die gleiche brekziöse Salz-Rauhwacke eingepresst. Auch hatte sich zwischen die Dolomitbänke lagergangartig ein brekziöser, teilweise rauhwakeartiger Mergel eingezwängt. Vielleicht waren aber hier auch primär salzführende, später beim Salzverlust zu Rauhwacke gewordene Lagen.

80 m von der Stelle der Fig. 4 abwärts trat bei einem Felssturz gleichfalls in dem Mergel die sehr stark gestörte, grobe Brekzie (Fig. 5) heraus. Die Schichtbänke sind hier steil aufgerichtet, teilweise senkrecht und ganz zertrümmert. Es gibt zwischen ihnen und den kleinbrekziösen Brekzien alle denkbaren Übergänge.

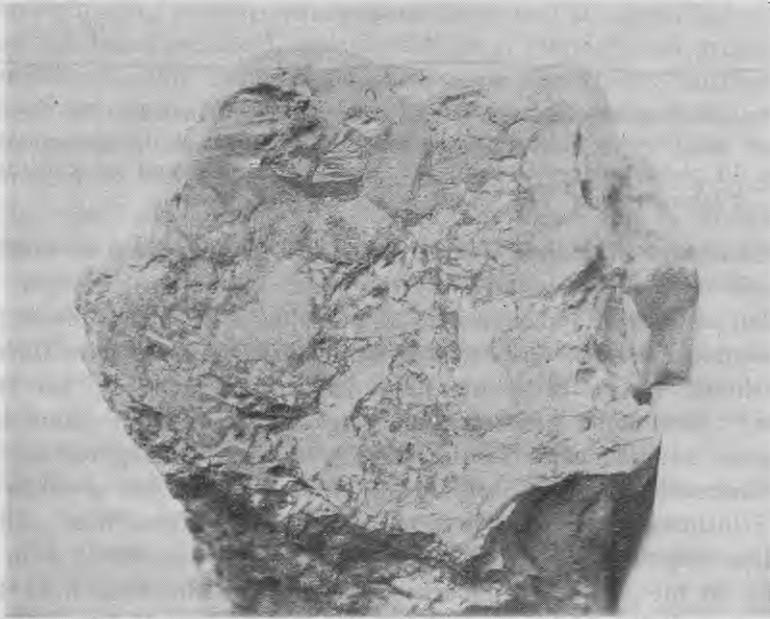


Fig. 5. Rauhwacken-Salzbrekzie, etwas angeschliffen. Breite des Stücks 22 cm. Vom Dünauer bei Brody unterhalb Stockmannshof.

Salz-Brekzie in Zusammenhang mit gangartig das Hangende durchsetzenden Apophysen fand ich auch am rechten Dünauer östlich

Olinkaln (Fig. 6). Auch weiter flussabwärts treten die gleichen Erscheinungen in etwas gemässigten Formen dort auf, wo unterhalb von Üxküll rechtsufrig an der Düna zum letzten Mal die c)-Abteilung in einem Sattel zum Vorschein kommt (Lokalität Stilbi-Stepini).

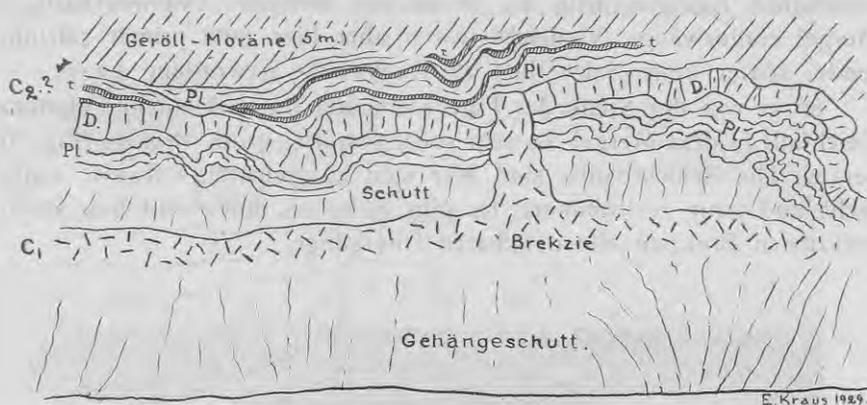


Fig. 6. Profilansicht des rechten Dünaufers östlich Olinkalns SW Seelburg. Ehemals salzführende Brekzie dringt aus den c_1 -Tonen in die Dolomit-Mergel c_2 vor. Pl plattiger Mergeldolomit. D harter, grober Dolomit m. Kalzitdrusen. t schwarzgrüner Ton, etwas Dolomit. Aufschlussbreite ca. 14 m.

Es ist eigentlich kein Wunder, dass man in einer Zeit, die von Salztektonik noch nichts wusste, die nur unter besonders günstigen Umständen an den Flussläufen gut aufgeschlossenen, meist verrutschten und verdeckten Bilder entweder übersah oder mit geringerem Interesse betrachtete. In der Literatur habe ich nachträglich nur bei Baron Rosen⁹⁾ eine Stelle gefunden, die zeigt, dass dieser an einem heute fast ganz unter einem Felssturz verschwundenen Gehängeteil am Fuss des Andreasfelsens bei Seelburg in c) etwas ähnliches gesehen hat. Die Schichtungsfugen der angrenzenden Dolomite sind hier „mit gewaltsam eingedrungenen Sand- und Tonmassen ausgefüllt“. Sehr auffallend ist hier, dass auch mächtige Blöcke von dolomitischem Sandstein und Kalksandstein mit Fischresten hier am Gehänge liegen, wahrscheinlich aus a) stammend. Rosen konnte sich das Rätsel nicht deuten und vermutete die Wirkung sehr starker Wasser- und Eisfluten.

⁹⁾ Baron Rosen, „Die chemisch-geognostischen Verhältnisse der devonischen Formation des Dünathals in Liv- und Kurland und des Welikajathals bei Pleskau“. Magister-Abhandlung Univ. Dorpat, 1863, S. 11, Anmerkung.

Falls hier wirklich unterer Altrotsandstein mit der Brekzie auftritt, so gilt in diesem Fall, was in den anderen von mir beobachteten Fällen nicht gilt: Dass nämlich das Haselgebirge hier nicht aus dem c)-Horizont, sondern aus irgendeiner Zwischenbank von a), vielleicht sogar von salzreichem Obersilur her stammt.

Rauhwacke- und Aschen-Horizonte, häufig kalkreich, sind auch an zahlreichen anderen Stellen im Devon, besonders aber im c)-Horizont erbohrt worden. Dagegen liegen in diesem, wie gesagt, weiter im N ziemlich konstant Gipslager von ca. 5—10 m Mächtigkeit.

Entstehung der Salztektionik.

Das Bild des Salzhorstes vor Augen, ist es nicht schwer jenen auffallenden Bildern eine Deutung zu geben. Ähnlich wie dies für die Bildung der grossen und kleinen Salzstöcke etwa im norddeutschen Zechstein gilt, werden wir auch in unserem Fall anzunehmen haben, dass ein (oder mehrere) ursprünglich im c)-Horizont auf grössere Horizontalfentfernung ziemlich gleichmässig sedimentiertes Salzlager unter der Wirkung des Druckes darauf lastender Gesteine erhöhte Plastizität gewann, die möglicherweise durch Grundwasser noch verstärkt wurde. Das Salz-Ton-Gemisch wurde schliesslich so beweglich, dass schon vhm. geringer Druckunterschied genügte, um es in die Richtung schwächeren Druckes, also in Klüfte und Spalten abwandern zu lassen. Dorthin, wo die Möglichkeit war, auf einer etwa stärker zerrütteten Zone nach oben auszuweichen, schoben sich von der Seite längs den Schichtfugen die Massen zusammen. Unter kräftiger Faltung des tonig-dünbankigen Nebengesteins, auch unter Verschiebung der darüber lastenden Schollen drang das salzreiche Gesteinsgemisch eruptiv in das Hangende. Auf die bei der Diskussion H. Stille-R. Lachmann und auch später weitgehend erörterten Möglichkeiten hiebei, braucht hier nicht eingegangen zu werden.

Es bildete sich jedenfalls ein minimaler Salzstock, ein embryonaler Salzhorst.

Da man leicht geneigt ist, die Entstehung derartiger salztektionischer Bilder nicht ohne die Mitwirkung recht grosser Salzmenngen für möglich zu halten, wird man angesichts der geschilderten Beobachtungen entweder Annahmen dieser Art verlassen müssen, oder man wird grössere Bohrungen zur Auffindung der grösseren Salzlager in der Tiefe zu befürworten haben.

Ohne diese letztere Möglichkeit zurückstellen zu wollen, möchte ich glauben, dass in manchen besonders günstigen Fällen doch auch recht kleine Salz-Ton-Gemische solche eruptive Tektonik verursachen können. Wir haben nämlich zwar recht voluminöse Sättel und Kuppeln in Lettland, unter deren uns noch unbekanntem Kern sehr wohl Salzhorste grösseren Formats stehen können. Andererseits aber fällt gerade die Zone der vorstehend besprochenen Brekzien-Apophysen nur teilweise zusammen etwa mit dem Kern einer grösseren Kuppel. Bemerkenswerter Weise haben wir an den Flanken der grössten Kuppeln (so weit aufgeschlossen) in c) nichts von Salz: dieses kann hier abgewandert sein in die in diesen Fällen bereits abgetragenen Kuppelfirste.

Auch muss für die von mir gleichfalls als Ergebnisse embryonaler Salzhorst-Auftreibungen angesehenen Oeselkrater, die später zunächst der Erdoberfläche in Erdfälle umgewandelt wurden, angenommen werden, dass sie nur sehr kleine „Salzgeschwüre“ in der Erdhaut bildeten.

Es ist aber hier auch zu fragen, ob der Überlastungsdruck jemals im Devon so gross hat werden können, dass solche gewaltsamen Salzaufpressungen denkbar erscheinen.

Der Mächtigkeits-Beitrag der über c) uns bekannten Oberdevon-Schichten hat die 200 m nicht wesentlich überschritten. Nehmen wir auch an, dass vielleicht — hoch gegriffen — noch weitere 100 m im Oberdevon, im Zechstein und Jura aufgelagert wurden — was aber inzwischen längst alles wieder abgetragen wurde, — so ist mit diesen 300 m die maximale Zahl der Schichtmächtigkeit erreicht. Nach den uns erhalten gebliebenen Sedimentserien ist sie deswegen schon zu gross, weil mit sehr viel längeren Zeiten der Abtragung als der Auflagerung zu rechnen ist; weil daher diese 300 m wohl nie gleichzeitig übereinander lagen. Es erscheint sehr fraglich, ob in der Zeit mit denkbar stärksten Sedimentbelastung, möglicherweise zu Ende des Malm, durch diese 200—300 m ein so kräftiger Auftrieb des Salzes erzeugt werden konnte.

Wesentlich günstiger stellt sich dagegen die Quartärzeit. Da wir mit 1000—1200 m Eismächtigkeit für manche Eiszeiten zu rechnen haben, war es naheliegenderweise diese Zeit, in der die Salztektionik zu stande kam. Die schon von O. v. Linstow angeführten Gründe für das jugendliche, quartäre Alter der Spalten, auf denen, wären sie älter, schon lange keine Salzsoole mehr emporsteigen würde, vereinigen sich mit anderen von H. Scupin und mir beigebracht-

ten Argumenten, die alle zeigen, dass erst im Quartär grössere Bruchbildungen und orogenetische Faltungen und Schollenbewegungen im Ostbaltikum nachgewiesen werden können. Darum werden wir auch erst für die Quartärzeit mit dem Vorhandensein von solchen Störungszonen in der ostbaltischen Schichtplatte rechnen dürfen, die den Salzaufstieg ermöglichten. Weil diese Bewegungen allgemein in die Zeit der letzten grossen Vereisung fallen (baltische Dislokationsphase), ist demnach der Salzaufstieg, die Salztekonik sehr wahrscheinlich jungdiluvial.

Die Faktoren der Injektion.

Betrachten wir die allgemeinen Voraussetzungen der Injektion, die ja, Sonderbedingungen ausgeschaltet, auch für andere mobile, „flüssige“ Stoffe gelten, so ist zunächst natürlich die hohe, latente Mobilität dieser Körper gegenüber ihrer Gesteinsumgebung zu nennen. Aber schon die Menge dieses plastischeren Körpers ist nicht notwendig eine grosse. Jedenfalls belehrt uns das Beispiel einiger im Ostbaltikum sicher erkennbarer Fälle, dass schon Massen von einigen Kubikmetern Volumen ausreichen können.

Der Faktor „Tektonik“ ist gleichfalls wichtig, aber nicht allein massgebend und sehr verschiedenwertig. Aus einer kürzlichen Gegenüberstellung von Profilen im nördlichen Harzvorland durch P. Woldstedt¹⁰⁾ ist deutlich zu entnehmen, dass in Zerrungsgebieten viel typischere und grössere Salzhorste mit stärkerer Injektion entstehen als in Faltungsgebieten. Aber auch in den letzteren wandert das Salz aus den Mulden in die Sättel. Dies ist wohl verständlich, denn auch die Faltung geht ja unter der dauernden Mitwirkung der Schwerkraft vor sich. Im gleichen Mass, in dem sich die Mulde abwärts krümmt, wird sie i. a. sedimentär belastet und entwickelt ausserdem in den an ihr teilnehmenden Hangend-Schichten ein Druckmaximum, dem das Salz auszuweisen bestrebt ist. Im gleichen Mass, in dem sich der Sattel aufwärts biegt, wird er erosiv entlastet und entwickelt zudem infolge der Krümmungs-Zerrung in seinen höheren Schichten ein Druck-Minimum, welches dem aus den höheren Mulden-Paketen abwandern den Salz den Zugang erlauben kann.

¹⁰⁾ P. Woldstedt, Tangentiale Salzfaltung oder vertikaler Salzauftrieb? N. Jahrb. f. Min. 58. Beil. Bd., Abt. B, 1927, S. 579 ff.

Als ich 1923¹¹⁾ Grundsätzliches zur Entstehungsfrage der Injektivfaltung schrieb, wies ich bereits auf die Notwendigkeit hin starke Druckunterschiede in der injizierenden Gesteinsmasse anzunehmen. Ejektive Faltung schien mir nur denkbar unter der Voraussetzung kräftiger Zerrung und Bruchbildung über dem und starker Faltungshemmung unter dem betreffenden, nach oben pressenden Salzhorizont.

Ich möchte nicht so weit gehen wie P. Woldstedt, der ejektive Faltung überhaupt streichen will. Die Salztektonik in Lettland beweist, dass ejektive Faltung nicht nur in gezerrtem Gebiet, sondern in gefaltetem. — wenn auch sehr flach gefaltetem — Boden gleichfalls (freilich nur schwach) auftritt. Denn von ausgeprägter Zerrung ist im Ostbaltikum, im besonderen im Raum der Salztektonik nichts zu sehen.

Dagegen bemerken wir wohl einen gewissen Einfluss der Faltung: Reichliche Bilder der Salztektonik an Kuppeln, vielleicht noch bedeutender als das bis heute festzustellen ist. Immerhin bleibt aber diese Faltungswirkung sehr schwach. Angesichts der geringen Neigungen von wenigen, nur ganz ausnahmsweise gegen 20 Winkelgraden, mit denen die Kuppeln aufsteigen, erscheint es sogar höchst unwahrscheinlich, dass diese Kuppelwölbungen allein für jene disharmonischen Salzwanderungen verantwortlich gemacht werden können. Der Faktor Faltung wirkt nur erleichternd durch Schaffung von Druck-Maxima und -Minima innerhalb der Salzhorizonte, indem Muldenpressungen und Sattel-Zerrungen, ausserdem auch Zerrüttungszonen entstehen. Sie sind aber hier alle nicht so bedeutsam, dass sie schon zu Salzwanderungen hätten Anlass geben können. Dazu ist erst noch eine allgemeine Steigerung des Druckniveaus nötig. Es musste also deutlicherweise der Faktor Belastung hinzutreten, um die Spannungsschwelle zu überschreiten. Dieses besonders von E. Harbort, später auch von anderen betonte Zusatzelement verwandelte offenbar erst den statischen in den dynamischen Zustand, löste erst die Bewegung aus. Es ist denkbar, dass in grösseren Tiefen mit genügend hohem allseitigen Druck kräftige, tektonisch bedingte Druckdifferenzen auch ohne Änderung der Belastung die Injektion in Gang bringen.

Selbstverständlich trägt auch eine Verschiedenheit des

¹¹⁾ E. Kraus, Über den Bau der Trias am Nordwestrand der Vogesen und seine mechanische Deutung. Geol. Archiv I, 1923, S. 188—191.

spezifischen Gewichtes zwischen Injektion und Nebengestein erleichternd bei. Salz ist ja bekanntlich viel leichter als andere Sedimente; Kohle, Flüssigkeiten (Erdöl in Wasser), die auch ejektiv werden, gleichfalls. —

Zusammenfassend werden wir somit sagen:

Es gibt drei Grundbedingungen für das disharmonische Verhalten flüssiger oder plastischer Körper im Gebirge:

- 1) Anwesenheit eines Körpers relativ hoher Mobilität (Salz, Flüssigkeit, Magma), aber nicht notwendig in grosser Masse,
- 2) genügende Höhe des allgemeinen Druckniveaus, erreicht durch ausreichende Belastung,
- 3) genügend grosser Druckunterschied in der Hauptebene dieses Körpers bzw. in seinem Nachbargestein;
 - a) bereits (genügend oder ungenügend) vorhanden als Unterschied der spez. Gewichte zwischen Inijzierendem und Inijziertem,
 - b) erst geschaffen durch tektonische Bewegung (Faltung, Zerrung).

Je nach den Materialien, die ins Spiel treten, sind die Schwellenwerte verschieden.

Baltijas ģeoloģijas studijas IX — XI

Prof. Dr. E. Kraus's

Kopsavilkums.

I. Devona vēsture Latvijā.

Šai darbā pirmo reiz dota Latvijas devonā atšķiramo horizontu (a—g) sīkāka analīze, kas dibināta uz vairākiem jauniem profilu uzņēmumiem, sevišķi Daugavas krastos. Šie pētījumi rāda, ka apakšējais sarkanais smiltsiežis (unterer Altrottsandstein) uzskatāms par sausā ziemeļkontinenta āridu sedimentāciju. Ieplakās brīžam attīstījušies plašāki tuksnešu ezeri. Tuvāk apskatīta sarkanā smiltsieža daba, ārējais izskats un fosiliju saturs.

Pāri šai tuksnešainai zemei transgredējošās vidusdevona jūras pamatos atšķirama sēkla paisuma un bēguma josla, kamēr vēlāk tā pati jūra devusi nepārtrauktus dolomita slāņus ar nabadzīgu faunu. Pēc

pa daļai attēloti. Tie pierāda, ka ieža mobilitāte acīmredzot izskaidrojama vienīgi ar kādreiz tāni bagātīgi sastopamo akmeņsāli. Sastopami embrionāli sāls horsti. Ir iespējams, ka dažu 100 m. dziļumā zem sevišķi labi aizsargājošiem glūdainiem pārklāju slāņiem kupolos vēl atrodami lielāki akmeņsāls daudzumi. Tie bieži sastopami kopā ar naftas uzkrājumiem. Dziļāki urbūmi pēc ūdens Latvijā arvien ir rādījuši sālsatura pieņemšanos dziļumā. Sāls izspiešanās visiespējamāk ir notikusi diluviālā laikmetā un iekrīt visstiprakās ledus slodzes laikā. — Beigās ir izteiktas domas par injektīvkrokošanas vispār.

Zinātniski un praktiski vienlīdz izredzēm bagātās studijas par Latvijas pamatni tiek turpinātas Universitātes ģeoloģijas un palaiontoģijas institūtā. Jaunajā Latvijas ģeoloģijas muzejā te izstādīti attiecīgie savākie paraugi un atradumi.

Šo studiju pētījumi saistās ar šādiem autora agrākiem darbiem:

1) „Studien zur ostbaltischen Geologie“ I—IV (Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga, 1927, pg. 36—59):

I. „Marine Transgressions-Stösse im baltischen Devon“,

II. „Über den Zechstein in Kurland“,

III. „Neue Juravorkommen in Südkurland“,

IV. „Über die tertiären Braunkohlenablagerungen in Südkurland“;

2) „Symmetrische Styrolithen“ (Geol. Rundschau 18, 1927, pg. 26—41);

3) „Tertiär und Quartär des Ostbaltikums (Gebr. Borntraeger, Berlin, 1928, 142 p.);

4) „Untersuchungen über den Krater von Sall auf Oesel“ (kopā ar R. Meyer'u un A. Wegener'u, Gerland's Beitr. z. Geophysik 20, 1928, pg. 312—378, 428—429).

„Studien zur oltbaltischen Geologie“ V.—VIII. daļas ir sagatavotā Rīgas vācu dabaspētnieku biedrības rakstos:

V. „Über rhizocorallide Bauten im ostbaltischen Devon“,

VI. „Über Schichtkrümmungen“,

VII. „Über einen atlantischen Waldtorf-Horizont an der Misse (zwischen Riga und Mitau)“,

VIII. „Über Schwimmspuren im Sediment“.

„Studiju“ IX. daļā aprakstītais vecā sarkanā smiltsieža ciešais sakars un radniecība ar Viduseiropas jauno sarkano smiltsiezi iztirzāts darbā „Faziesstudien im Alt- und Neurotsandstein“.

„Studien zur ostbaltischen Geologie“ I–IV (Korrespondenzblatt des
 Naturforschervereins zu Riga, 1927, pp. 30–50);
 I. „Marine Transgressions-Stöße im baltischen Devon“;
 II. „Über den Zechstein in Kurland“;
 III. „Über die fertilen Braunkohlenablagerungen in Südkurland“;
 IV. „Symmetrische Styoliten“ (Geol. Rundschau 18, 1927, pp. 261–41);
 V. „Tertiar und Quartär des Ostbaltikums“ (Geol. Bohrungsber., Berlin, 1928, 142 p.);
 VI. „Untersuchungen über den Katern von Sall auf Oesel“ (Iopos ar
 R. Meyer u. A. Wegener, Gehänds-Ber., u. Geophysik 20,
 1928, pp. 312–378, 428–439);
 VII. „Studien zur ostbaltischen Geologie“ V–VIII, das ist sagatavo-
 stas Rīgas vācu dabaszinātņu biedrības rakstos;
 VIII. „Über riasocorallige Bauten im ostbaltischen Devon“;
 IX. „Über Schichtkrümmungen“;
 X. „Über einen atlantischen Waldorf-Horizont an der Miass“ (zwei
 schen Riga und Mitau);
 XI. „Über Schwimmspuren im Schiefer“;

„Studien“ IX, das ist apskatītais vecā sarkana smiltsiēģa cietis sa-
 karā un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ X, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XI, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XII, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XIII, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XIV, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XV, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XVI, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XVII, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XVIII, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XIX, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XX, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XXI, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XXII, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XXIII, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XXIV, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XXV, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XXVI, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XXVII, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XXVIII, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XXIX, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;
 „Studien“ XXX, das ist apskatītais „Zweijährige geologische Plausibel-
 karte un radniecīgs ar Vidusjūras jūmano sarkano smiltsiēģi ixtūzats
 darba „Faciesstudien im Alt- und Neozandstein“;

Nr. 5. Embrik Strand. Über die Bedeutung der Typen für die naturhistorische Nomenklatur	81
Nr. 6. E. Kraus. Die Geschichte des Devons in Lettland	101
Das Profil der Lettischen Senke . .	200
Salztektonik in Lettland	226
Baltijas ģeoloģijas studijas IX—XI, kopsavilkums	239