

**ALTER UND HERKUNFT DER OSTBALTISCHEN  
SOLQUELLEN UND IHRE BEDEUTUNG FÜR DIE  
FRAGE NACH DEM VORKOMMEN VON STEIN-  
SALZ IM BALTISCHEN OBERSILUR**

VON

**HANS SCUPIN**

---

TARTU (DORPAT) 1926



In zwei Aufsätzen<sup>1)</sup> habe ich, ausgehend von der erdgeschichtlichen Entwicklung des östlichen Baltikums, den Standpunkt zum Ausdruck gebracht, dass hier am Ende des Silurs die Möglichkeit zur Bildung von Salzablagerungen bestanden habe, und die bisherigen Beobachtungen damit in Einklang zu bringen versucht, wobei ich auch die im devonischen Altrotsandstein auftretenden bekannten Solquellen von Staraja Russa am Ilmensee mit diesen vermuteten obersilurischen Salzen in Verbindung setzte. Nachdem sich bereits O. v. Linstow in einer mir damals leider nicht zugänglichen kriegsgeologischen Denkschrift<sup>2)</sup> mit der Frage etwaiger Salzvorkommen beschäftigt hatte, ist er kürzlich noch einmal auf meine Ausführungen eingegangen<sup>3)</sup>, um einen gegenteiligen Standpunkt zu begründen. Ich möchte daher erneut zu der zum mindesten wissenschaftlich sehr interessanten Frage Stellung nehmen, zumal ich bei Durcharbeitung der baltischen und russischen Fachliteratur für andere Arbeiten sowie durch persönliche Mitteilungen auf eine Reihe für die Frage wichtiger Tatsachen aufmerksam geworden bin, die mit in den Kreis der Betrachtungen gezogen werden müssen.

Es war ganz naturgemäss, dass in der älteren Literatur, besonders bei C. Grewingk, der zuerst die Frage eines etwaigen Salzvorkommens wissenschaftlich behandelte<sup>4)</sup>, die Auffassung vertreten wird, dass die an verschiedenen Stellen der baltischen Länder auftretenden Salzquellen auch aus der Formation

---

1) H. Scupin, Die Frage des Vorkommens von Steinsalz in Estland. Sitzungsber. der Naturforscher-Ges. bei d. Universität Dorpat Bd. 29. 1922/23. S. 1. und Die Aussichten der Erbohrung von Salzen im Bereiche des osteuropäischen devonischen Alten Rotsandsteins. Kali Bd. 17. 1923. S. 161 und 177.

2) O. v. Linstow, Die Mineralquellen von Westrussland und Galizien, Denkschrift über die Möglichkeit, im besetzten Gebiet auf Salzlager fündig zu werden. Bezirksverwaltung Kowno 1918.

3) O. v. Linstow, Über die Aussicht im Baltikum Salzlager zu erbohren. Kali 1925. S. 200.

4) C. Grewingk, Geologie von Liv- und Kurland 1861. S. 293. (Arch. f. Naturkunde Liv-, Est- und Kurlands I. Ser. Bd. 2. S. 767).

stammen, der sie entquellen, also dem Devon. Dementsprechend äussert sich auch O. v. Linstow in seinen Ausführungen auf meinen Aufsatz unter Hinweis auf seine Denkschrift, dass der Hauptträger der Salze gar nicht das Silur, sondern das Mitteldevon sei. Das eben ist der strittige Punkt, und die von O. v. Linstow zur Begründung vorgebrachten Punkte waren es auch, die in älterer Zeit zu der Hoffnung Anlass gaben, im Bereich der Dolomitstufe oder darunter im Altrotsandstein Steinsalz zu finden. Es sind das vor allem die zahlreichen im Devon auftretenden Solquellen, sodann die Gipslager und die sog. Steinsalzpseudomorphosen in der Dolomitstufe (Oberes Mitteldevon). In meinen Ausführungen (1923) habe ich selbst auch auf diese Punkte hingewiesen und ausdrücklich betont (S. 14—16), dass sich im kontinentalen ariden Devon hier recht flache Salzpfannen gebildet haben mögen, habe aber mit Wiederauflösung der ausgeschiedenen Salze gerechnet, da diese sich nur bei einer hinreichend starken tonigen Schutzdecke erhalten konnten. In der Tat sind auch Salzlager nirgends im Devon beobachtet, auch der Gips der Dolomitstufe, den ich von verschiedenen Punkten untersuchte, zeigte keine oder nur ganz verschwindende Beimengungen von Steinsalz.

Massgebend für mich war die weitgehende Analogie des Altrotsandsteins mit dem Buntsandstein Deutschlands, und wie wir die Salzlager in Deutschland trotz der im Buntsandstein aufbrechenden Solquellen nicht in diesem, sondern darunter im Zechstein suchen, so lag der Analogieschluss auch nahe, dass die Quellen nicht oder doch wenigstens nicht durchweg dem Altrotsandstein, sondern dem liegenden Obersilur entstammen. Die Analogie des Devons mit dem Buntsandstein kommt dabei auch in der Gliederung zum Ausdruck, indem man den eigentlichen Unteren Altrotsandstein mit dem Unteren und Mittleren Buntsandstein, die aufgelagerte Dolomitstufe mit dem Röt lithologisch vergleichen kann. In beiden Fällen zuerst kontinentale, unter Trockenklima gebildete Ablagerungen, dann in beiden Fällen erneute flache Transgression; im Röt wie in der Dolomitstufe Gipslager und Steinsalzpseudomorphosen. Den deutschen Ablagerungen vorausgehend ein eingedampfter grosser Salzsee, ein abgeschnürtes Meeresbecken, im Baltikum eine allmählich durch Aufsteigen des Bodens trockengelegte Flachsee, die schon unter dem Einfluss eines Trockenklimas stand und ausserdem einen

Vergleich zuließ mit synchronen Ablagerungen in Amerika, die erdgeschichtlich in Verbindung mit ihrem Liegenden und Hangenden eine ganz ähnliche Entwicklung zeigen (Salina-Schichten).

Das alles gab zu denken und zu erwägen, ob die zunächst liegende, bisher vertretene Auffassung einer ausschliesslich devonischen Herkunft der Solquellen richtig sei. Wenn man bei Solquellen im deutschen Buntsandstein trotz der Gipslager und der Steinsalzseudomorphosen im Oberen Buntsandstein zunächst nicht den Schluss auf Buntsandsteinquellen, sondern Zechsteinquellen zieht, so erscheint uns das selbstverständlich im Hinblick auf die uns bekannten Salzlager im Zechstein und die nicht nur im Buntsandstein, sondern auch im Zechstein oder dessen Liegendem<sup>1)</sup> auftretenden Solquellen. Im vorliegenden Falle fehlen Beobachtungen über Salzlager unterhalb des devonischen Altrotsandsteins, auf die ja erst durch Solquellen ein Rückschluss gemacht werden soll, aber das Analogon in Gestalt von Solquellen im Silur ist vorhanden.

Wie bereits früher (a. a. O. 1922 S. 21) bemerkt, hat schon C. Grewingk auf Anzeichen von Salz auf Ösel, allerdings ohne nähere Begründung, hingewiesen. Es war mir daher von besonderem Interesse, als mir Herr Prof. Dr. Paldrock hierselbst kurz nach dem Erscheinen meines Aufsatzes mitteilte, dass er bei Anlage eines Brunnens auf seinem Grundstück auf Ösel zwischen den „Fließplatten“, also den dolomitischen Kalkplatten des Obersilurs, schwaches Salzwasser zwischen zwei Süßwasserhorizonten gefunden habe. Die ganze Bohrung erreichte etwa 60—70 Fuss, die Temperatur des Süßwassers in der Tiefe war 11° C. Genaue Bohrtabellen waren leider nicht mehr erhalten.

Auch B. Doss<sup>2)</sup> erwähnt das Vorhandensein von Salzwasser

1) Dahin gehört z. B. die bekannte Solquelle von Wittekind bei Halle, die auf einer Bruchspalte dem unterrotliegenden Quarzporphyr entquillt. In diesem Falle ist die Sole aus dem etwa 5 km südlich liegenden, zusammen mit dem Oberrotliegenden diskordant aufgelagerten Zechstein auf Spalten in die Tiefe in den Quarzporphyr gedrungen, aus dem sie bei Wittekind wieder aufsteigt. Vergl. H. Scupin, Die Beziehungen der Solquellen der Gegend von Halle zum Gebirgsbau. Zeitschr. f. Naturwissensch. Bd. 86. 1916. S. 287. Ebenso entstammt der Salzgehalt der Sole von Bitterfeld in der Provinz Sachsen, die den karbonisch-rotliegenden Gesteinen der sog. Halleschen Mulde entspringt, dem nordwestlich gelegenen Zechstein der Stassfurter Mulde.

2) B. Doss, Über die geologischen Aufschlüsse einiger Tiefbohrungen in Windau. Korrespondenzbl. d. Naturf. Ver. v. Riga Bd. 51. 1908. S. 90. Fussnote 2.

auf Ösel. Zwei artesische Brunnen in Arensburg zeigen 696 mg Chlor = 1,147 g Kochsalz (aus 74,4 m Tiefe) und 525 mg Chlor = 0,865 g Kochsalz (aus 38,1 m Tiefe) in 1 Liter Wasser. Wenn v. Linstow diese Vorkommen, ebenso wie die Vorkommen auf Dagö, als „wirtschaftlich heute unwichtig“ bezeichnet (Denkschrift S. 39), so ist das zutreffend, aber diese Vorkommen sind für unsere Betrachtung nicht praktisch an Ort und Stelle, sondern symptomatisch zu werten. Ich habe bereits darauf hingewiesen, dass, trotzdem ich das Salzvorkommen in den „Oberen Ösel-schichten“ suche, in Ösel selbst nicht auf Salzlager gerechnet werden könne, da hier infolge der geringen Tiefen, in denen die in Frage kommenden Schichten auftreten, bzw. infolge des Ausstreichens der Oberen Ösel-schichten die früher etwa abgelagerten Salze ausgelaugt sein würden, und es überrascht daher auch schon der beobachtete geringe Betrag von Kochsalz in den hier vorhandenen Brunnen.

Das salzhaltige Grundwasser auf Dagö befindet sich im Liegenden dieser Schichten und könnte aus den Oberen Ösel-schichten weiter südlich auf Klüften in diesen tieferen Horizont hineingelangt sein, wobei gar nicht einmal Spalten auf Dagö angenommen zu werden brauchen. Die Flachheit des Meeres zwischen Ösel und Dagö gestattet die Annahme eines Aufsteigens des in die Tiefe gedrungenen Salzwassers auf Schichtflächen. Wie O. v. Linstow in seiner Denkschrift mitteilt, wurde hier schon seit dem Ende des Mittelalters aus salzhaltigem Grundwasser Salz gewonnen, auch bestand im 17. Jahrhundert in der Gegend von Pühalep im Osten der Insel ein Gradierwerk, das in 24 Stunden 780—1248 kg Salz erzeugte.

Im Streichen der Oberen Ösel-schichten auf dem Festland in Pernau ist in der Tiefe Salzwasser erbohrt. Hier sind, wie B. Doss<sup>1)</sup> mitteilt, 41 Bohrlöcher gestossen worden, von denen aber nur eines Salzwasser in 43 m Tiefe in einem Dolomit antraf, der als unterer Teil der Oberen Öselstufe von Doss gedeutet wurde. Doss bezeichnet diesen Horizont als stark salzhaltig<sup>2)</sup>.

1) B. Doss, Die geologischen Aufschlüsse einer grösseren Zahl artesischer Brunnenbohrungen in Pernau. Korrespondenzbl. d. Naturf. Vereins zu Riga Bd. 50. 1907. S. 173.

2) Auffallend gering ist der Gehalt an NaCl in einer im Altrot-sandstein aufdringenden Quelle in Puttenhof südöstlich Pernau, deren Temperatur von 13,75° C auf tiefen Ursprung hinweist; aber auch die Pernauer Sol-quelle ist nur eine unter 41.

Diese sog. „Untere Stufe“ ist dieselbe, die in Ösel die Eurypterus-Fauna führt, und gerade an diesen Horizont knüpfen sich meine erdgeschichtlichen Betrachtungen betreffs eines Vergleichs mit den amerikanischen Salinaschichten sowie den podolischen Eurypterus-Schichten und der etwaigen Fortentwicklung der obersilurischen, infolge Devonbedeckung jetzt unzugänglichen Schichtenfolge<sup>1)</sup>, wobei besonders auch die schon von F. Schmidt ins Auge gefasste Möglichkeit erörtert wurde, dass diese sog. „Untere Stufe“ gar nicht älter als die sog. „obere“ im Süden der Insel Ösel, sondern nur eine Fazies dieser letzteren ist.

Aus tieferen Schichten stammt salzhaltiges artesisches Wasser, das in Petersburg unter dem „Blauen Ton“ erbohrt wurde. Nach Helmersen<sup>3)</sup> sind hier in dem Brunnen der Anstalt zur Anfertigung der Staatspapiere 3 artesische Wasserstockwerke vorhanden bei 80', 388' und 522'. Das Wasserstockwerk bei 388' ist salzführend und zeigte eine Temperatur von 7° R. Das tiefste Wasserstockwerk, über dessen Salzführung nichts berichtet wird, zeigt eine Temperatur von 9° R. Die Temperaturzunahme auf 134 Fuss beträgt also 2° R. Bei 657' wurde der Granit erreicht. Ein genaues Bohrprofil, das sich gut auf diese Angaben beziehen lässt, teilt Th. Grosset<sup>4)</sup> aus dem artesischen Brunnen im Technologischen Institut mit:

Sand . . . . .	bis	15'
Blauer und hellgrauer Ton . . . . .	„	59'
Loser Sand . . . . .	„	86'
Sand mit Wasser . . . . .	„	100'
Bläulich grauer Ton . . . . .	„	392'
Feinkörniger Sandstein mit Wasser . . . . .	„	413' 6"

1) a. a. O. S. 11—15.

2) Die Wärmezunahme beträgt hier demnach, da Petersburg eine mittlere Jahrestemperatur von 4° hat, bis zu dem zweiten Wasserstockwerk etwa 1° C auf 23 m, wenn man das Verschwinden der jährlichen Schwankungen bei 15—20 m Tiefe ansetzt, von da ab 1° auf 18 m. Die geothermische Tiefenstufe ist hier also unverhältnismässig klein, zuerst etwa  $\frac{2}{3}$ , dann wenig grösser als die Hälfte der normalen. Wodurch sich diese schnelle Wärmezunahme erklärt, ist in diesem Falle schwer zu entscheiden, man wird wohl Zuflüsse aus grösserer Tiefe annehmen müssen.

3) G. v. Helmersen, Der Artesische Brunnen zu St. Petersburg. Bull. de l'Acad. imp. des sciences de St.-Petersbourg VII. 1864. S. 146.

4) Th. Grosset, Zur Kenntnis des artesischen Wassers in St. Petersburg. Ebenda, Nouv. Sér. IV. 1893. S. 131.

Grauer Ton . . . . .	„ 418'
Grauer Sandstein mit Spateisenstein . . . . .	„ 490'
Grünlicher und rötlich-grauer Ton . . . . .	„ 498'
Glimmerhaltiger Sandstein und „Sandsteinartiger Ton“ . . . . .	„ 530'
Weisser Quarzsandstein mit Wasser . . . . .	„ 553'

Temperatur 11,1° C.

Im eingedampften Rückstand von 388,233 g aus 100 l zeigten sich 319,000 g Kochsalz, also etwa  $\frac{5}{6}$  der ganzen Menge, Chlormagnesium 25,986 g. Im Ganzen fanden sich 3,25‰ NaCl + KCl.

Die Frage nach der Herkunft des Salzgehaltes hat auch Grosset schon beschäftigt. An einen Übertritt des Salzwassers aus dem Meere kann, wie Grosset ausführte, nicht gedacht werden, weil das Verhältnis von Chlor zu Schwefelsäure anders ist, auch der Salzgehalt mit steigender Entfernung vom Meere wächst. So schienen ihm nur zwei Möglichkeiten übrig zu bleiben, entweder Auslaugung des Granits oder sedimentärer Schichten, wobei ihm das Letztere als das Wahrscheinlichere erschien. Er äussert sich schliesslich dahin, dass das Wasser wohl einen langen Weg gehabt habe und Schichten gefunden habe, die an Kochsalz reicher seien als die Petersburger Tone, die einen nur sehr schwachen Salzgehalt aufweisen.

Es entsteht nun die Frage: Aus welchen Schichten kann bei den Petersburger Solquellen der Salzgehalt stammen?

Die nächst jüngeren Schichten, in denen bisher Solquellen gefunden wurden, sind, wie gesagt, die Oberen Öselschichten. Diese sind indes nirgends in einer Entfernung vorhanden, dass man sie mit einiger Wahrscheinlichkeit als Ursprungsgestein annehmen könnte. Südlich von Petersburg verschwinden die jüngeren Silurschichten unter der Devonbedeckung. Obere Öselschichten wird man im östlichen Teile der baltischen Länder erst etwa in der Breite des südlichen Pleskauer Sees unter dem Devon erwarten dürfen, wie a. a. O. von mir ausgeführt. Das ergäbe für Petersburg eine nord-südliche Entfernung von etwa 200 km senkrecht zum Streichen. Hier dürfte also an eine Herkunft aus obersilurischen Salzlagern nicht mehr zu denken sein. Dagegen tritt devonischer Altrotsandstein in noch nicht 25 km Entfernung auf. Dass im Altrotsandstein mit seinem Trockenklima Bildungsmöglichkeiten für Steinsalz vorhanden waren, habe ich aber ausdrücklich selbst betont, wenn sich auch in dem Fehlen von Salzlagern sowie dem

Fehlen von Steinsalz im Gips zunächst Schwierigkeiten boten, und so möchte ich gerade auch für die Petersburger Solen eine Herkunft aus diesem hier dem Untersilur diskordant auflagernden Altrotsandstein annehmen. Da der Südrand des Finnischen Meerbusens wohl durch starke spätglaziale oder postglaziale Spaltensysteme bedingt wird, deren Fortsetzung sich auch durch die Störungen in der Gegend von Petersburg<sup>1)</sup> bemerkbar macht, so kann man wohl annehmen, dass durch derartige Spalten im Altrotsandstein südlich von Petersburg das Wasser bis in die dem Blauen Ton eingelagerten sandigen Schichten herabdrang, in denen es dann bis Petersburg der Fallrichtung entgegen aufstieg. Die Annahme von nordsüdlich verlaufenden Spaltensystemen, wie sie O. v. Linstow in Litauen zeichnet<sup>2)</sup>, ist hier nicht erforderlich.

Über die Herkunft des Salzes in der Sole des Altrotsandsteins macht v. Linstow (1925) interessante Mitteilungen. Es soll nach einer mündlichen Äusserung von B. Doss gegenüber Herrn v. Linstow in feinsten Imprägnationen im Sandstein vorhanden sein. Das würde gut zu der „Wüstentheorie“ des Altrotsandsteins passen. Freilich wird es nicht überall im Altrotsandstein zu finden sein, sondern auch nur da, wo Schutz gegen Auflösung durch eine undurchlässige Tonbedeckung vorhanden war. Die Tiefbrunnen in Dorpat im Bereich des Altrotsandsteins enthalten nur ganz geringe Spuren von Kochsalz<sup>3)</sup>. Die oft ganz mürbe Beschaffenheit des Altrotsandsteins, die es gestattet, ein faustgrosses Stück in der Hand ohne Kraftanstrengung zu zerdrücken, lässt auch darauf schliessen, dass hier ein lösliches Zwischenmittel fortgeführt worden ist, wobei man zuerst allerdings an Gips denken würde, wie man dies ähnlich auch im Buntsandstein gelegentlich beobachten kann.

Dieses Vorkommen von Sole im Devon darf aber nicht in dem Sinne verstanden werden, dass nun das Devon als der aus-

---

1) Vergl. Fr. Schmidt, Kurze Übersicht über die Geologie von St. Petersburg. Guide des excursions du VIII. Congr. géol. internat. St.-Petersbourg. Nr. XXXIV.

2) Vergl. Denkschrift Taf. IV. Das vermutete diluviale Alter dieser Spalten würde gut zu einer Reihe anderer Beobachtungen passen, über die ich mich in Kürze besonders äussern will.

3) C. Landesen, Zur Hydrologie Dorpats. Sitzungsber. d. Naturf. Ges. b. d. Universität Dorpat. Bd. 29. 1922/23.

schliessliche Träger derselben anzusehen ist. Die oben genannten Fälle haben gezeigt, dass einzelne Salzwasservorkommen unbedingt obersilurisch sind. Wenn es sich nur um vereinzelt Fälle handelt, in denen der Nachweis zu erbringen ist, so muss man im Auge behalten, dass der Raum, auf dem die in Frage kommenden Schichten des Obersilurs ohne Überdeckung durch Devon auftreten (nördliche Fazies der Oberen Öselstufe), ein sehr begrenzter ist gegenüber der sehr ausgedehnten Fläche von Altrotsandstein und dass die Fortentwicklung des Obersilurs unter aridem Klima, also das unmittelbare Hangende der Oberen Öselstufe, uns überhaupt nicht bekannt ist, weil weiter südlich das Meer und der übergreifende Altrotsandstein das unmittelbar Hangende verdeckt<sup>1)</sup>. Deshalb darf auch dort, wo im Untergrunde Obere Öselstufe unter Altrotsandstein zu erwarten ist, bei Auftreten von Salzwasser nicht ohne weiteres auf devonische Herkunft geschlossen werden. Man wird nicht zustimmen können, wenn Herr v. Linstow, wie er das in seinen gegen meinen Aufsatz gerichteten Ausführungen tut, das Auftreten der Solen im Devon auch als Beweis für ihre Zugehörigkeit zu diesem ansieht oder wenigstens mit als Beweis anführt. Das Salzwasser kann devonischer Herkunft sein, kann aber auch dem Obersilur entstammen, und kann schliesslich sogar eine Mischung aus beiden Quellhorizonten darstellen. Nur dort, wo andere Schichten des Silurs in der Tiefe liegen, wird man bei Bedeckung durch Altrotsandstein zunächst auf devonische Herkunft schliessen dürfen, obwohl bei nicht zu grosser Entfernung solcher jung-obersilurischer Schichten auch dann noch die Möglichkeit einer mindest anteiligen obersilurischen Herkunft gegeben ist.

So darf auch die in Windau erbohrte Sole nicht ohne weiteres als ausschliesslich devonisch betrachtet werden, nur weil sie unter dem Quartär im Altrotsandstein erbohrt worden ist<sup>2)</sup>. Man wird hier, allerdings in ziemlich grosser Tiefe, die Fortsetzung der Oberen Öselschichten erwarten können, und das Gleiche gilt von der von mir angegebenen Linie Salis — Solze — Staraja-Russa, die dem Durchstreichen der Oberen Öselschichten entsprechen dürfte.

1) Vergl. dazu meine Ausführungen a. a. O. S. 12.

2) B. Doss, a. a. O. Korrespondenzbl. d. Naturf. Ver. v. Riga. 51. 1908. S. 90.

Als Argument für den devonischen Ursprung des Salzwassers, das in den Devongebieten beobachtet wurde, gibt v. Linstow den hohen Gehalt an Magnesiasalzen an, die er auf die Dolomitstufe des Devons zurückführt. Dass auch im baltischen Silur Dolomite vorhanden sind, wird allerdings auch von ihm erwähnt, doch weist er darauf hin, dass sie gegenüber der starken Entwicklung der Kalksteine zurücktreten. Das ist richtig, aber diese Kalksteine sind Untersilur und kommen für diese Betrachtung nicht in Frage, auch ist der Unterschied in der Mächtigkeit der obersilurischen Dolomite gegenüber den devonischen nicht so gross, wie es nach den Ausführungen v. Linstows scheinen könnte. Fast das ganze Obersilur besteht im wesentlichen aus Dolomiten und dolomitischen Kalken. Grewingk gibt für die devonische, den Altrotsandstein überlagernde sog. Dolomitstufe auf seiner Karte der Ostseeprovinzen (2. Ausgabe) etwa 70 m an, für die vorwiegend dolomitische Untere und Obere Öselstufe, unter der aber auch noch Dolomite und dolomitische Kalke vorkommen, 45 m. Aber auch diese 70 m sind keineswegs durchweg Dolomit, sondern vielfach Kalke, wie die neueren Profile bei H. Bekker<sup>1)</sup> erkennen lassen. Über die Bedeutung dieser Dolomitstufe für das Devon gibt das schematische Profil in der Polemik bei v. Linstow übrigens eine unrichtige Vorstellung. Hier erscheinen die Dolomite mehr als  $1\frac{1}{2}$  mal so mächtig, als die unterlagernden roten Sandsteine. In Wirklichkeit ist die ganze Stufe mit 70 m erheblich weniger mächtig als die Sandsteinstufe, für die Grewingk 100 m angab. B. Doss<sup>2)</sup> schätzt sie auf 250 m, aber sie kann noch erheblich mächtiger sein. Jedenfalls spielt die Dolomitstufe im gesamten Devon sogar eine geringere Rolle, als die obersilurischen Dolomite im Silur, und der gesamte Magnesiumgehalt dieser letzteren wird nicht so sehr weit hinter dem Magnesiumgehalt der devonischen sog. Dolomitstufe zurückbleiben.

Man wird also zunächst nur dort, wo Obersilur im Untergrunde fehlt, wie z. B. in dem genannten Falle in Petersburg, den Magnesiumgehalt auf die devonischen Dolomite zurückführen

1) H. Bekker, The Devonian rocks of the Irboska district. Arch. f. Naturk. Estlands, herausgegeben v. d. Naturf. Ges. bei d. Universität Dorpat Bd. X. 1924. S. 1.

2) B. Doss in: Riga und seine Bauten, Orographische und geologische Verhältnisse des Bodens von Riga. 1903. S. 12.

können. Dort wo Obersilur unter dem Devon liegt, ist der Schluss auf devonische Herkunft nur Analogieschluss, aber es spricht durchaus nichts dagegen, dass auch die obersilurischen Dolomite an ihnen beteiligt sind. Jedenfalls ist der Schluss nicht gerechtfertigt, dass der Magnesiumgehalt ohne weiteres auf devonischen Ursprung des Wassers hinweist, ebensowenig wie das Vorkommen des Salzes; er kann nur in Zusammenhang mit den Lagerungsverhältnissen gezogen werden. Leider fehlen aus der Sole bei Windau, wo die devonische Dolomitstufe nicht ansteht, die Obere Öselstufe aber im Untergrunde zu erwarten ist, genaue Angaben über den Mg- und Na-Gehalt, ebenso liegen keine Beobachtungen aus der Bohrung von Pernau vor, wo unter dem Diluvium sogleich Obere Öselstufe folgt. Aus den artesischen Brunnen von Arensburg ist nur Kochsalzgehalt angegeben; die Tatsache, dass über Magnesium nichts ausgesagt ist, könnte vielleicht zu dem Schlusse verleiten, dass er dem Kochsalzgehalt gegenüber zurücktritt, und das Gleiche könnte man vielleicht auf Grund der Angaben über Dagö folgern, umsomehr als hier ein Gradierwerk vorhanden war, das täglich bis 1248 kg Salz erzeugte. Ein hoher Chlormagnesiumgehalt würde die Salzfabrikation für Speisezwecke geschädigt haben. Auch den persönlichen Mitteilungen von Herrn Prof. Paldrock habe ich nur entnehmen können, dass ein bitterer Geschmack nicht empfunden wurde<sup>1)</sup>. Sollte sich für die rein silurischen Solen wirklich ein niedriger Magnesiumgehalt gegenüber dem Kochsalz ergeben, so wäre dann allerdings aus dem hohen Magnesiumgehalt im Verhältnis zum Kochsalz eine starke Beteiligung devonischer Solen zu folgern.

Es ist nun in dieser Beziehung von Interesse, die Übersichtstabelle über die einzelnen Analysen in der Denkschrift von O. v. Linstow zu verfolgen. Einen besonders hohen Gehalt an Chlormagnesium hat eine Anzahl von Quellen in Druskieniki,

1) Demgegenüber sei andererseits auf eine Gesteinsanalyse von Goebel hingewiesen, der in einem wässerigen Auszuge eines Dolomites von Ösel 0,3381 MgSO<sub>4</sub>, 0,2679 MgCl<sub>2</sub>, 0,1905 KCl, 0,2032 NaCl g im kg Gestein fand. Vergl. A. Goebel, Über das Bedingende der Färbung in den grauen und gelben Dolomiten und Kalksteinen der oberen silurischen Gesteinsgruppe Liv- und Estlands. Arch. f. Naturk. Liv-, Est- und Kurlands I. Ser. Bd. 1. 1854. S. 274. Ein Auftreten von Salzlagern in der Richtung des Fallens in grösserer Tiefe weiter südlich würde dieses Verhältnis in den Solen natürlich zu Ungunsten des Magnesiums verschieben.

er geht in der Hauptquelle Nr. 1 bis 2,84 g im Liter herauf; am höchsten steigt hier der Gehalt an Chlormagnesium im Verhältnis zum Kochsalz in der Soldatenquelle mit 2,57:2,92. Noch höher aber wird dieses Verhältnis, wenn auch die Zahlen absolut klein sind, wie auch die Zusammenstellung bei v. Linstow (1925) zeigt, bei Kemmern mit 0,013:0,0015 (dazu noch 0,1665 Magnesiumsulfat) und Pattenhof mit  $0,41 \text{ MgCl}_2 + 0,16 \text{ Mg}(\text{HCO}_3)_2 : 0,02 \text{ NaCl}$ . In den erstgenannten Fällen bieten sich für obersilurische Schichten im Untergrunde keine Anhaltspunkte. Bei Pattenhof ist das allerdings der Fall, doch wurde schon oben bei Erwähnung der Pernauschen Bohrungen auf die Unregelmässigkeit in der Verteilung des Gehaltes an Kochsalz hingewiesen, das sich dort nur in einer von 41 Bohrungen fand. Diese kann sich durch den verschiedenen Verlauf, besonders die verschiedene Tiefe von Spalten erklären, wie sich auch im mitteldeutschen Salzgebiet gelegentlich ein unverhältnismässig grosser Magnesiumgehalt im Wasser aufbrechender Solen findet<sup>2)</sup>. Andererseits habe ich auch bereits in meinen früheren Darlegungen zum Ausdruck gebracht, dass, wenn bei der Trockenlegung des Bodens im obersilurischen Meer Eindampfung und Ausscheidung von Salzen erfolgte, diese wohl nur in Form getrennter Salzpfannen zum Ausdruck kam.

Auf der anderen Seite wird, wenn wir die hier nicht in Betracht kommenden Quellen von Ciechocinek (Zechstein) und Solec sowie Busk (Obermiozän) ausschalten, der Kochsalzgehalt absolut am grössten bei Staraja Russa, wobei gleichzeitig der Chlormagnesiumgehalt im Verhältnis zum Kochsalz den eben genannten Fällen gegenüber verhältnismässig klein wird. Der Gehalt an Chlornatrium + Chlorkalium geht hier bis zu 13,785 hinauf, während der Gehalt an Chlormagnesium nur 1,749 beträgt. Staraja Russa aber liegt, wie früher ausgeführt, in der West-Ost verlaufenden Linie, in der das Ausgehende des Obersilurs unter dem Altrotsandstein zu erwarten ist. Der Gedanke liegt nahe,

2) In Oberröblingen bei Halle im Mansfelder Seengebiet zeigte die Wasserprobe eines Brunnens im Buntsandstein, dessen Wasser aus dem Zechstein heraufkommt, 818,6 mg NaCl, 515,5 mg KCl, 933,1 MgCl<sub>2</sub> im Liter, ein anderer Brunnen enthielt 64,3 NaCl, 224,7 MgSO<sub>4</sub> sowie Spuren von KCl. In der Stadt Halle selbst sind 17,719% NaCl, 0,166 KCl und 0,406 MgCl<sub>2</sub> in dem zur Salzgewinnung dienenden Gutjahrbrunnen vorhanden. Vergl. H. Scupin, Zeitschr. f. Naturwiss. 1916. S. 270 und 294.

dass dieser Gegensatz im Verhältnis von Chlormagnesium zu Kochsalz, der durch die Steigerung des Kochsalzgehaltes bedingt wird, auf magnesiaarme, kochsalzreichere Zuflüsse aus dem unterlagernden Obersilur zurückzuführen ist. Insofern wird dann auch dieses Verhältnis von Chlormagnesium zu Chlornatrium umgekehrt für Obersilurquellen leitend werden können. Dem entspricht gut die Tatsache, dass die 60 km nördlich liegenden Quellen von Nowgorod bereits wieder einen sehr hohen relativen Magnesiumgehalt aufweisen<sup>1)</sup>. Hier liegt der Altrotsandstein offenbar schon wieder über einem älteren Schichtenglied des Silurs. Sehr gut aber passen wieder zwei Analysen, die Grewing<sup>2)</sup> aus der Gegend von Adsel mitteilt, von denen die eine nur wenig, die andere gar kein Chlormagnesium erhält. Es fanden sich bei Schkilter (abgerundet) 0,21<sup>0/100</sup> NaCl 0,38 KCl, 0,07 MgCl<sub>2</sub>, bei Muzenek 0,28<sup>0/100</sup> NaCl 0,28 KCl, — MgCl<sub>2</sub>. — Adsel aber liegt wenig südlich, also im Hangenden der von mir angegebenen Linie, auf der höheres Obersilur im Untergrunde zu erwarten ist. Eine weitere Analyse wird in Zusammenhang damit von Stubbensee bei Riga mitgeteilt, die 0,49<sup>0/100</sup> NaCl, 0,15 KCl und kein MgCl<sub>2</sub> ergab. In dieser Gegend ist das Auftreten des in Betracht kommenden Obersilurischen Horizontes nicht ohne weiteres zu errechnen, aber ebensowenig zu bestreiten, sei es dass er hier infolge spät- oder post-obersilurischer Wellung (nicht Faltung!) wieder auftaucht, oder dass es sich hier um die genannte uns unbekanntere Fortentwicklung des jüngsten Obersilurs handelt (vergl. oben S. 10).

Auf Zuflüsse aus grösserer Tiefe in Staraja Russa weisen auch die Temperaturangaben hin. C. Schmidt<sup>3)</sup> gibt an, dass in zwei zwischen 1819 und 1834 gestossenen Bohrlöchern von 665' und 735' die Temperatur 13° C betrug. Schon die Tatsache, dass in beiden um 70' Tiefe von einander abweichenden Bohrlöchern die gleiche Wassertemperatur vorhanden war, lässt darauf schliessen, dass diese artesischen Wässer dem gleichen Horizont entstammen, dass also zum mindesten die obere der beiden Tiefenangaben nicht dem Ursprungshorizont der Wässer entspricht,

1) v. Linstow a. a. O. 1919, S. 6.

2) Sitzungsber. d. Naturf. Ges. zu Dorpat I. 1854. S. 117.

3) C. Schmidt, Die Salzquellen von Staraja Russa mit Rücksicht auf die Möglichkeit des Erbohrens sudwürdiger Solen in den Ostseeprovinzen. Arch. f. Naturk. Liv-, Est- und Kurlands I. Ser. 1. 1854. S. 299.

ja dass möglicherweise sogar beide Quellen aus einem gemeinsamen Horizont in grösserer Tiefe auf Spalten bis zu den durch die Bohrlöcher erschlossenen Tiefen aufgedrungen sind. Nimmt man die geothermische Tiefenstufe mit rund 30 m an und legt man als Ausgangspunkt eine Tiefe von 15—20 m zugrunde, so ergäbe sich für den Ursprungsort der Quelle eine Tiefe von etwa 270—275 m, wenn keine anderen Zuflüsse aus höheren Horizonten dazu kommen. Mit diesen wird aber gerechnet werden müssen. Das Auftreten verschiedener Tonschichten wechselnd mit wasserdurchlässigen Schichten lässt von vornherein schon verschiedene Grundwasserstockwerke im Devon vermuten, zu denen dann noch quartäre Wasserzugänge kämen, die infolge der Nähe der Erdoberfläche — der Jahresdurchschnitt ist etwa  $4,5^{\circ}$  C. — eine ziemlich niedrige Temperatur erwarten lassen. Dementsprechend wird die ursprüngliche Quellentemperatur, um eine Mischtemperatur von  $13^{\circ}$  C. herauszubringen, entsprechend höher sein müssen, wobei man sich noch gegenwärtigen muss, dass die Auslaugung der Gesteine eine Temperaturherabsetzung erwarten lässt. v. Linstow gibt als Tiefe für die Direktorquelle in Staraja Russa  $29\frac{1}{2}$  m an bei einer Temperatur von  $12,25^{\circ}$  C. In dieser Tiefe ist für Wasserzugänge aus dem Nebengestein nur eine Temperatur von  $5-6^{\circ}$  C. zu erwarten. Hier müssen also bestimmt aus grösserer Tiefe stammende Wasser höherer Temperatur angenommen werden<sup>1)</sup>. Die Bohrungen selbst aber gehen bis etwa zu dieser Tiefe von 250—275 m herunter, ohne das Devon durchsunken zu haben. Die zu erwartenden Zuflüsse aus grösserer Tiefe könnten also wohl dem Obersilur entstammen<sup>2)</sup>.

1) Die Angabe  $29\frac{1}{2}$  m Tiefe widerspricht allerdings den oben angeführten Angaben von C. Schmidt (665' und 735'), dessen Analyse bei v. Linstow abgedruckt ist (Denkschrift S. 43, Schmidt 1853). Vielleicht liegt hier eine Verwechslung der Quellenbezeichnung in den älteren russischen Angaben vor.

2) Oben wurde bereits die Ansicht geäussert, dass die verhältnismässig hohe Temperatur in dem Bohrloch von Petersburg auf Zuflüsse aus der Tiefe zurückzuführen ist. Dass der Salzgehalt aus zersetztem Granit stammen könne, hat auch Grosset, wie gesagt, mit in den Kreis der Erwägungen gezogen. Diese Vermutung erhält eine Stütze durch das Vorkommen von Sole bei Nodendal im westlichen Finnland bei Åbo im Archaikum. Die Analyse von Grosset gibt für die von ihm untersuchte Petersburger Sole (a. a. O. S. 146) einen Gehalt von (abgerundet) 3,19 Chlornatrium, 0,029 Chlorkalium, 0,26 Chlormagnesium und  $0,007\frac{0}{00}$  Brommagnesium an; der Gehalt an Magne-

Für die südlich in Litauen gelegenen Solen braucht ein Zustrom von Salzwasser aus tieferen als devonischen Schichten auf Grund der Temperaturverhältnisse nicht angenommen zu werden, auch wenn man kühlere Grundwasserzugänge aus höheren Horizonten und dementsprechend wärmere aus tieferen annehmen will, da das Devon hier sehr tief liegt und auch Zugänge aus grösserer Tiefe immer noch aus dem Devon stammen können. Die bei Grodno und Kowno erbohrten Devonschichten — ich schliesse mich der Deutung v. Linstows<sup>1)</sup> bezüglich der sog. Kreidesandsteine als Devon durchaus an — dürften den oberen Horizonten des baltischen Devon angehören. Man wird daher geneigt sein dürfen, im Baltikum ganz allgemein dort, wo das Devon oder wenigstens seine Basis in grosser Tiefe liegt, bei einem im Verhältnis zu Kochsalz verhältnismässig hohen Magnesiagehalt, namentlich bei schwachen Solen, in erster Linie an mehr oder weniger reindevonische Solen zu denken, auch wenn die Temperatur einen verhältnismässig höheren Betrag, je nach geographischer Lage 12—15°, erreicht. Jedenfalls liegen dann Anhaltspunkte für einen Zustrom aus einer im Liegenden befindlichen Formation nicht vor. Umgekehrt wird man bei einem zu Tage ausgehenden Devonvorkommen bei relativ geringem Magnesiagehalt und einem auch absolut höheren Kochsalzgehalt, sowie höherer Temperatur, an Zuflüsse aus der Tiefe zu denken haben, namentlich dort, wo Obersilur im Liegenden erwartet werden kann. Als Vertreter des ersteren Typus wird man Druskieniki ansehen dürfen, als Vertreter des zweiten Staraja Russa. Zwar kommt hier eine besonders kleine geothermische Tiefenstufe (wie sie sich für Petersburg zu ergeben scheint) nicht zum Ausdruck, aber der nach sonstigen Vorkommen im baltischen Altrotsand-

---

siumsalsen im Verhältnis zu Steinsalz und Chlorkalium ist also ein sehr viel geringerer, als er sich bei den Solen findet, wo Anhaltspunkte für einen Zustrom aus älteren Formationen in den Altrotsandstein nicht gegeben sind. Grösser ist wieder der relative Betrag an Magnesia in der von O. v. Linstow (1918 S. 6) aufgeführten Petersburger Sole beim Badehaus Erszowa, für die 0,4004 Magnesia bei 2,1825 Kochsalz + Chlorkalium gefunden wurde.

1) Denkschrift 1918, S. 31.

stein zu erwartende Zugang höheren Grundwassers lässt zur Erreichung der Durchschnittstemperatur derartige tiefere, wärmere Zugänge erwarten.

Ich kann meine Auffassung der ganzen Frage also in folgender Weise zusammenfassen:

Erdgeschichtliche Erwägungen, Trockenlegung alten Meeresbodens unter aridem Klima mit nachfolgenden Wüstenbildungen, legen die Möglichkeit nahe, dass im Baltikum im höheren Obersilur ähnlich wie in Deutschland zur Zechsteinzeit, wenn auch nicht in gleichem Massstabe<sup>1)</sup>, Salze abgelagert wurden. Diese Erwägungen werden auch in keiner Weise dadurch abgeschwächt, dass die meisten Solquellen im Baltikum dem Devon entquellen, dessen Verbreitungsgebiet ganz ungleich grösser ist, als das der zu Tage ausgehenden obersten Silurschichten, und das schon von vornherein die Möglichkeit offen lässt, dass die Solen dort, wo höheres Obersilur den Altrotsandstein unterlagert, aus diesen Schichten in das Devon aufdringen. Diese Möglichkeit erhält eine Stütze durch die im Obersilur von Ösel und Dagö sowie auf dem Festland bei Pernau erbohrten Solquellen. Der geringe Gehalt an Kochsalz macht sie zwar an Ort und Stelle praktisch heute bedeutungslos, aber sie sind als Hinweis für Salzbildungen in dem erwarteten ober-silurischen Horizont, wo dieser in grössere Tiefe hinabtaucht, sehr bedeutsam. Infolge der geringen Tiefe des Vorkommens an den genannten Punkten konnte von vornherein gar nicht mehr mit der Erhaltung eines Salzlagers gerechnet werden. Da gerade dieser Möglichkeit bisher noch von keinem der Forscher, die sich mit der baltischen Salzfrage beschäftigt haben, nachgegangen worden ist, so hielt und halte ich es noch für das Gegebene, bei der Frage, ob eine Bohrung zweckmässig ist, an diese Möglichkeit anzuknüpfen.

O. v. Linstow hat in seiner Denkschrift sich dahin geäussert, es könne nicht der Rat gegeben werden, Bohrungen zur Erschliessung der salzführenden Schichten vorzunehmen, indem er dabei immer nur devonische Salze im Auge hat, wobei er gleichzeitig betont, dass diese nicht als Lager, sondern nur fein verteilt auftreten und dass Kalisalze fehlen, Steinsalz aber

---

1) Insbesondere liegen hier keine Anhaltspunkte für eine mehrfache Wiederholung der Überflutung am Ende des Obersilurs vor.

in überreicher Menge in Deutschland vorhanden ist. Dem ist vom Standpunkte dieser kriegsgeologischen Denkschrift völlig zuzustimmen.

Hier aber liegt die Frage wesentlich anders. Die baltischen Länder haben bisher keine eigenen Steinsalzlager wie Deutschland, und sodann handelt es sich hier nicht um die Feststellung von Devonsalzen wie bei O. v. Linstow, sondern um die Möglichkeit der Erschliessung von Obersilursalzen; und wenn Herr v. Linstow auch in seinem letzten Aufsatz den hohen Magnesiumgehalt anführt, der die Solen als für Speisezwecke durchaus ungeeignet erscheinen lässt, so handelt es sich auch hier immer nur um devonische Solen, bei denen der Magnesiumgehalt in der Tat unverhältnismässig steigen kann. Dass ihn ein Zutritt von ober-silurischem Salzwasser völlig verändern kann, darauf scheint mir Staraja Russa, wie oben gezeigt, hinzuweisen. Auch Zechsteinsolen, die nur in geringer Entfernung von einander auftreten, zeigen mitunter einen ganz verschiedenen relativen Gehalt an Magnesiumsalzen.

Keinesfalls aber darf auf Grund der Tatsache, dass die Hauptmasse der Solen im Baltikum im Bereich des Devons ihren Sitz hat, der Wert einer bis ins Obersilur niederzubringenden Bohrung bestritten werden. Das kann nur für die Gebiete anerkannt werden, wo Anhaltspunkte für das Auftreten von höherem Obersilur in der Tiefe unter dem Altrotsandstein nicht gegeben sind. Die Frage ober-silurischer Solen und Salze in der Tiefe ist bisher praktisch überhaupt noch nicht untersucht und muss ganz von der devonischen Solen getrennt gehalten werden, wobei die geographische Verbreitung nicht ohne weiteres zu stratigraphischen Schlüssen führen darf. Auch v. Linstow hat diese von mir behandelte Seite der Frage, dass nämlich silurisches Salz nur unter dem Altrotsandstein in der Tiefe erhalten sein kann, während im gleichen Horizont aber in höherer Lage entgegen dem Fallen Ablaugung zu erwarten ist, gar nicht berührt.

Hinweise auf ein Vorkommen von Steinsalz in der Tiefe unter dem Altrotsandstein sind ausser durch die Lagerungsverhältnisse, sofern sie höheres Obersilur erwarten lassen, durch das Zurücktreten der Magnesiumsalze gegenüber dem Gehalt an Kochsalz gegeben, wobei auch die Temperatur des Wassers unter dem Gesichtspunkt einer Durchschnittstemperatur von höherem

kühleren und tieferem wärmeren zu prüfen ist. Für mich bleibt die Linie Salis—südlicher Pleskauer See—Solze—Staraja Russa diejenige, auf der die praktischen Untersuchungen zu beginnen hätten, da hier im Untergrunde des Altrotsandsteins das höhere Obersilur zu erwarten ist und bei Staraja Russa auch das Verhältnis von Magnesiumsalzen zum Kochsalzgehalt in dem oben genannten Sinne für diese Auffassung ein günstiges ist. Die praktischen Untersuchungen würden dabei mit modernen physikalischen Methoden zu beginnen haben, von deren glücklichem Ausfall das Ansetzen von Bohrlöchern abhängig zu machen wäre. Dagegen stimme ich v. Linstow für den südlichen Teil des Gebietes, wo Silur höchstens in grosser Tiefe zu erwarten ist, wo auch keinerlei Anhaltspunkte für das Auftreten gerade des jüngeren Obersilurs gegeben sind und wo andererseits das Verhältnis des Magnesiums zu Kochsalz ein so ungünstiges wird, in der Auffassung völlig bei, dass hier Bohrungen nicht am Platze sind.

---