

Über die Verlagerung der Wasserscheide in Skandinavien nach der Eiszeit

Von

R. Lepsius

Sonderabdruck aus: »Geologische Rundschau« Band II. Heft 1.



Leipzig
Wilhelm Engelmann
1911

I. Aufsätze und Mitteilungen.

Über die Verlagerung der Wasserscheide in Skandinavien nach der Eiszeit.

Von **Richard Lepsius** (Darmstadt).

Alle deutschen Geologen, welche an dem diesjährigen internationalen Geologenkongress in Stockholm und an den Reisen in Schweden vor und nach dem Kongresse teilgenommen haben, werden mit mir darin übereinstimmen, dass dieser Kongress von den schwedischen Geologen ausserordentlich gut vorbereitet war, und dass wir auf den Exkursionen sehr viel gesehen und sehr viel gelernt haben. Wir sind unsern schwedischen Kollegen zu grossem Dank verpflichtet für die reiche Belehrung über die Geologie von Schweden und für die vorzügliche Führung, deren wir uns in den verschiedenen Gruppen zu erfreuen hatten.

Ich habe vor dem Kongresse die Reise nach Lappland mitgemacht, unter der liebenswürdigen und tüchtigen Leitung von Dr. OTTO SJÖGREN und Dr. FR. SVENONIUS; wir haben dort den schönen See Torne Träsk und seine Umgebung, sowie das Hochgebirge bis zum Kårsogletscher hinauf kennen gelernt.

Von den vielen neuen geologischen Erscheinungen, welche wir sahen und hörten, will ich hier nur eine Tatsache besprechen, die mich sogleich erstaunte: die Wasserscheide oder Eisscheide befand sich zur Haupteiszeit nicht da wo sie jetzt liegt, nämlich im Hochgebirge auf der Grenze zwischen Schweden und Norwegen, sondern sie stand auf der östlichen Abdachung, welche jetzt ganz flach zum Bottnischen Meerbusen absinkt; und zwar beträgt die Entfernung von der alten zur neuen Wasserscheide in dieser Gegend 80—100 km.

Die Gletscherschrammen auf beiden Seiten des Sees richten sich nach WNW-NW parallel den Seeufnern, also den norwegischen Fjords und dem Atlantischen Ozean zu; die Moränen steigen nach WNW an; sie sind demnach gegenüber den heutigen Abflüssen rückläufig. Dr. O. SJÖGREN sagte uns, dass auf den Bergen der Nordseite des

Torne Träsk erratische Granitblöcke 400—600 m höher liegen als ihr Ursprungsort am Ostende des Sees. Auf der Südseite des Sees verfolgten wir bis in die höchsten Nebentäler mächtige Moränenmassen, die als Seiten-Moränen des Torne Träsk-Gletschers aufzufassen sind. O. SJÖGREN¹⁾ schrieb daher im Führer zu unserer Exkursion (S. 20): Der Hauptgletscher des Torne Träsk bewegte sich „der Neigung des Terrains entgegen“ von Ost nach West. Die Berge steigen hier auf der Westseite des Torne Träsk bis 1600 und in weiterer Entfernung bis 2000 m über Meer an; die erratischen Blöcke liegen bis 1200, auf einigen Bergen bis 1600 m hoch. Der Spiegel des Sees steht nur 342 m über Meer; die jetzige Wasserscheide auf der Reichsgrenze westlich des Sees in ca. 500 m. Die Eisscheide der Haupteiszeit befindet sich dagegen in dem Berglande, welches tiefer liegt als der Seespiegel, und durch welches der Ausfluss des Sees, der Torne Elf seinen Lauf nimmt, etwa 350 km weit bis Haparanda am Nordende des Bottnischen Meerbusens.

Dieselben Verhältnisse bestehen nach Angabe von O. SJÖGREN im Hochgebirge südlich des Torne Träsk durch ganz Skandinavien hindurch. Aus dem Hochgebirge von Jemtland erwähnen A. G. HÖGBOM und FR. ENQUIST²⁾, dass die Richtung der Gletscherschrammen und auch der Äser nach NW bis NNW streichen, also nach Norwegen und dem Atlantischen Ozean zugewandt, während jetzt die Gewässer dort in entgegengesetzter Richtung nach SO hinunter zur Ostsee ablaufen.

Auf einer kleinen Übersichtskarte hat Dr. H. MUNTHE, unser liebenswürdiger Führer in Südschweden und auf seiner heimatlichen Insel Gotland, den Verlauf der beiden Wasserscheiden durch Skandinavien hindurch, von Lappland bis zum Hardanger resp. zum Sogne Fjord in ihrer ganzen Länge von ca. 1200 km angegeben³⁾

Als Ursache der Verlagerung der skandinavischen Wasserscheide gibt O. SJÖGREN und gaben die anderen schwedischen Geologen, die sich damit beschäftigt haben, an, dass zur Haupteiszeit sich das Eis auf jener östlichen Linie so hoch angehäuft habe, dass die Gletscher nicht nur nach Südosten abwärts bis nach Russland hinein abgeflossen seien, sondern dass sie auch nach Nordwesten auf das Hochgebirge hinaufgedrückt worden wären; dabei wird der Umstand nicht erläutert, warum denn das Eis seine grösste Höhe gerade auf der öst-

¹⁾ O. SJÖGREN, Der Torne Träsk: Morphologie und Glazialgeologie. Führer No. 7 des Internationalen Geol. Kongresses. Stockholm 1910.

²⁾ A. G. HÖGBOM. Glacials och petrografiska Jakttagelser i Jemtlands Län. Abhandl. zur geolog. Untersuchung Schwedens. Serie C. No. 70. Stockholm 1885. — FREDRIK ENQUIST. Über die jetzigen und ehemaligen lokalen Gletscher in den Gebirgen von Jämtland und Härjedalen. Abhandl. zur geolog. Untersuchung Schwedens. Serie Ca No. 5. Stockholm 1910.

³⁾ H. MUNTHE, Studies in the late-quatertiary history of southern Sweden. Führer No. 25 der Exkursionen des Internat. geolog. Kongresses in Schweden Taf. I. Stockholm 1910.

lichen Linie und nicht auf dem höherstehenden Hochgebirge der jetzigen westlichen Wasserscheide erreicht habe, was wegen der stärkeren Niederschläge in grösserer Nähe des Meeres und wegen der kälteren Luftschichten auf diesen nördlichen Höhen doch natürlich wäre.

Von dieser östlichen Eisscheide sollen die erratischen Granitblöcke 80—100 km weit nach Westen und zwar bis auf das Hochgebirge 400, 600, stellenweise sogar 1000 m in die Höhe transportiert worden sein. Das Eis soll sich also auf der östlichen Abdachung des Gebirges in weit über 1000 m Mächtigkeit angehäuft haben, um nach Westen das Hochgebirge überklettern zu können. Selbst mit dieser Annahme wird nicht erklärt, auf welche Weise denn die Granitblöcke des 1000 m mit Eis überdeckten Untergrundes und die gewaltigen Grundmoränen am Boden der Eismassen 400, 600 oder 1000 m hinaufgeschleift werden sollen! Da das Eis bekanntlich plastisch ist, so würde doch höchstens die oberste Kappe der 1000 m mächtigen Eisdecke oberflächlich nach Westen über das höhere Hochgebirge abschwimmen können, aber die unteren Hauptmassen des Eises und damit die Grundmoränen würden vor dem Gebirge festgekeilt liegen bleiben.

Dieselbe Plastizität des Eises macht es aber physikalisch unmöglich, dass die Eisdecke über der östlichen, etwa 1200 km langen ehemaligen Eisscheide sich zu ca. 1000 m Mächtigkeit aufhäufte: denn das Eis konnte ja fortdauernd, während der Firnschnee sich auf dem skandinavischen Schilde sammelte, über die flache Abdachung nach der Ostsee hin, dann über Finnland und nach Norddeutschland hinein in beliebiger Menge seiner Schwere folgend abfließen; sogar bis nach Südrußland und bis zum Uralgebirge haben sich die Gletscher ausgebreitet. Es lag also gar kein Grund vor, weshalb die Gletscher nach Norden entgegen der ihnen innewohnenden Plastizität auf das über 1000 m höher stehende Hochgebirge hinaufgestaut worden sein sollten.

Man braucht nur einmal auf alle diese Widersprüche aufmerksam zu werden, um sogleich die physikalische und mechanische Unmöglichkeit der bisherigen Theorie einzusehen.

Aber wie kommt es, dass eine solche unmögliche Theorie überhaupt aufgestellt werden konnte? Daran ist schuld die den Geographen und Glazialgeologen fest eingewürzelte Vorstellung, dass die Erdoberfläche und ihre Gebirge über ganze Erdteile, über ganz Europa hin die gleiche relative Lage aller Orte und Berge und Ebenen gegeneinander wie jetzt so auch zur Haupteiszeit inne gehabt hätten; also auf den vorliegenden Fall angewendet: das Hochgebirge soll dieselbe relative Lage gegen die östliche Abdachung von Skandinavien besessen haben wie jetzt. Es wird zugegeben, dass Skandinavien seit der Haupteiszeit wiederholt sich gesenkt und gehoben hat (Yoldia-Meer, Ancylus-See, Litorina-Meer, jüngste Hebung);

aber der gewaltige Schild Skandinavien darf trotz aller dieser tektonischen Bewegungen nur in allen seinen Teilen gleichmässig und mit unbeweglicher Oberfläche abgesenkt oder gehoben worden sein, er darf an keinem Punkte und mit keinem Orte zurückbleiben oder voraneilen der einheitlichen Bewegung des ganzen grossen Kontinentes.

Es herrscht bei dieser Vorstellung einer starren Landoberfläche immer noch die längst überwundene falsche Theorie, dass nicht die kontinentalen Massen, sondern der Ozean sich auf- oder abbewegt hätten.

Dabei haben uns auf den Reisen in Schweden unsere schwedischen Kollegen selbst überall die ungleichartigen Strandlinien der Meere und Seen der postglazialen Zeit demonstriert. Am Torne Träsk zeigte man uns die Strandlinien des Sees, welche die rückläufigen nach Westen ansteigenden Moränen in horizontalen Linien durchkreuzen; die Brandung des Sees hat in verschiedenen Höhen die alten Seiten- und Grundmoränen der Eiszeit ausgespült.

Rings um die Insel Gotland zeigte uns H. MUNTHE die jüngsten Strandlinien der Ancyclus- und Litorina-Zeit in verschiedenen Höhen über dem jetzigen Spiegel der Ostsee: am Nordende von Gotland steht der Litorina-Strand 28 m, bei Visby 23—25 m, bei Klinte 18 bis 19 m und am Südennde nur 13 m über Meer; an der Südküste von Schonen bei Trelleborg befindet sich der Litorina-Strand fast im jetzigen Niveau des Meeres. Also ungleichförmige, nicht gleichartige Bewegungen des Festlandes im Verhältnisse zum Meeresspiegel.

Oder die absolut sehr verschiedenen Höhen der berühmten postglazialen Muschelbänke bei Uddevalla und Strömstad in Westschweden über den Fjorden am Skager Rak, die wir unter der Führung von GERARD DE GEER verfolgt haben: wir sahen diese Litorina-Strandlinien mit ihren ungeheuren Muschelanhäufungen (Saxicaven, Austern, Mytiliden, Cardien, ferner grosse Balaniden etc.) sowohl unten nahe über dem Meere als auch aufsteigend bis 68 m jetzige Meereshöhe (Kapellbacken bei Uddevalla¹⁾); sie lagerten dort an einigen Plätzen über den Yoldia-Tonen und diese wiederum über den Moränen der Haupteiszeit.

Und endlich das Yoldia-Meer selbst, diese tiefste postglaziale Absenkung von Skandinavien! In wie stark verschiedenen Höhen über den jetzigen Meeren habe ich auf meinen Reisen in Skandinavien die Yoldia-Tone liegen sehen: in den Ziegelei-Gruben bei Moss am Kristiania-Fjord wenige Meter über dem Meeresspiegel; bei Stockholm und Uppsala 120—130 m hoch! Aus der Übersichtskarte der spätglazialen Verhältnisse Südschwedens von H. MUNTHE (a. a. O. Führer No. 25. Tafel II) ersehen wir, dass das Yoldia-Meer bei dieser tiefen

¹⁾ G. DE GEER, Quaternary sea-bottoms of western Sweden. Führer No. 23 der Exkursionen des Internation. geolog. Kongresses, mit 3 Tafeln und mit Profilen im Text. Stockholm 1910.

Senkung Skandinaviens schliesslich in breitem Arme ganz hindurchflutete mitten durch Schweden vom Skager Rak und der Kristiania-Bucht bis nach der Ostsee bei Stockholm; die grossen südschwedischen Seebecken, die Wener-, Wetter- und Mälarn-Seen, sind die Reste jener grossen Yoldia-Senkung; daher die Relikten-Fauna in diesen Seen.

Dieser Arm des Yoldia-Meeres vom Skager Rak bis Stockholm ist eine postglaziale Grabensenkung, welche sich nach Osten fortsetzt in den Tiefen der Ostsee südlich der Ålands-Inseln und der finnischen Scheren, im finnischen Meeresbusen, in den Ladoga- und Onega-Seen (den Wener- und Wetter-Seen entsprechend); zur Zeit des Yoldia-Meeres setzte sich die Senkung fort über Finnland hinaus bis in das Weisse Meer¹⁾.

Endlich ist auch nachgewiesen worden, dass die allerjüngste Hebung von Skandinavien nicht gleichförmig verläuft; vielmehr haben die Strandmarken an den Küsten verschiedene Höhen für das letzte Aufsteigen des Landes über das Meeresniveau ergeben²⁾.

Ich konnte hier nur einige Beispiele für die Tatsache anführen dass während der postglazialen Zeit tektonische Bewegungen in Skandinavien festgestellt worden sind, deren Ausmasse für die verschiedenen Teile dieses Landes verschiedene Werte ergeben: das heisst geologisch gesprochen, es entstanden auch in diesen jungdiluvialen und alluvialen Perioden Verwerfungen, Tafelbrüche, Grabensenkungen, Stauungen, flach einfallende Mulden und Sättel, kurz alle diejenigen Dislokationen, welche wir für die älteren Schichtsysteme so genau kennen oder als selbstverständlich voraussetzen; das Ausmass der Bewegungen ist im ganzen schwächer als in den vordiluvialen Perioden, weil eben diese jüngste, postglaziale Zeit der Erdgeschichte verhältnismässig sehr kurz ist, und daher die Wirkungen der Dislokationen weniger stark auf den ausgedehnten Landflächen sich geltend machen können.

Kehren wir nun zu unserer Verlagerung der Wasser- resp. Eisscheide zurück, so erkläre ich mir diese ebenfalls durch die postglazialen tektonischen Bewegungen des ganzen skandinavischen Schildes: Skandinavien brauchte bei den wiederholten Absenkungen nach der Haupteiszeit nur um einen geringen Betrag tiefer nach der Ostsee zu versinken, so musste sich die Wasserscheide nach Westen zu verlagern.

Die Differenzen in den Höhen der alten und neuen Wasserscheide sind nicht gross: sie betragen wohl nur bis zu einigen 100 Metern; sie werden für die ganze Länge von 1200 km durch Skandinavien ebenso

¹⁾ Siehe meine Geologie von Deutschland. II. Bd. S. 532, Leipzig 1910.

²⁾ G. DE GRÆR teilte uns mit, dass er bei Strömstad, an der Westküste von Schweden in Bohus Län gelegen, selbstregistrierende Pegel aufgestellt und präzise einnivelliert hat; das bisherige Resultat dieser genauen Messungen sei eine Hebung des Landes in den letzten Jahrzehnten um einen geringen Betrag.

verschieden hoch sein, wie z. B. für die Yoldia-Senkung in Schweden und Finnland. Die genauen Daten über diese Differenzen sind mir nicht bekannt, und soweit ich die schwedische Literatur kenne, wohl auch noch nicht näher verfolgt worden.

Am Torne Träsk haben wir unter der Führung von O. SJÖGREN den ehemaligen Ausfluss des Sees besucht: von der Pålno-Bucht am Nordende des Torne Träsk (342 m über Meer) stiegen wir ca. 60 m hinauf auf die Passhöhe und hatten jenseits der jetzigen Wasserscheide einen tiefen Einblick in den gewaltigen Cañon des Bardo-Tales, welches schliesslich in ca 80 km Entfernung in den Malangen-Fjord bei Tromsø an der Nordküste von Norwegen in den Atlantischen Ozean einmündet. Hierhin nach Norden also flossen zur Haupteiszeit der Torne-Gletscher und seine Schmelzwasser ab, nachdem das Bardo-Tal bereits vor der Eiszeit durch einen Fluss, der in dem jetzigen Torne Träsk sein Bette hatte, erodiert worden war. Tausend Meter hoch und mehr stürzen die Berge des Hochgebirges in steilen Wänden zu dieser wilden und einsamen Felsschlucht hinab. Einzelne kleine Seen liegen in den Becken des Bardo-Sördales (= Südtal) und ein Bach stürzt sich über Felsstufen, über welche sich einst ein mächtiger Strom wälzte. Ganz oben auf den höchsten Bergen hängen kleine Gletscher.

Die Verlagerung der Wasserscheide in der postglazialen Zeit vom Ostende des Torne Träsk 80—100 km weit nach seinem Westende erzeugte meiner Ansicht nach erst den See: das alte Tal wurde zu einem See ertränkt durch ungleichförmige tektonische Bewegungen.

Diese tektonische Entstehung des Torne Träsk erklärt zugleich die verschiedenartigen Tiefen und abwechselnden Becken, welche ausgemessen wurden. Die zahlreichen Felsinseln, welche über den Seespiegel aufragen, sind Felskuppen des ehemaligen Talbodens; sie sprechen, wie so viele andere Tatsachen, gegen die Aushobelung des langgestreckten Sees durch Gletscher-Kraft.

Der Torne Träsk ist ein gutes Beispiel für die Entstehung vieler Seen in Schweden und in Finnland: es sind ertrunkene Flusstäler, ertrunken durch ungleichförmige tektonische Bewegungen und Stauungen der Erdschollen. Daher die schlauchartige Form dieser langen, schmalen Seen. Wir sahen auf unseren Reisen in Schweden viele solche Talseen; wir besuchten z. B. ein besonders typisches Seetal, den Stora See, einen ganz schmalen, aber 90 km langen See, an dessen Südende Dals Ed liegt, westlich vom Wener-See.

In einer Sitzung des Internationalen Kongresses zu Stockholm hielt der beste Kenner von Finnlands Geologie, Prof. J. SEDERHOLM (Helsingfors), einen Vortrag über den Zusammenhang zwischen der Tektonik und den Oberflächen-Formen des Tausend-Seen-Landes; er zeigte an dem Beispiele des genau in allen seinen Tiefen und Gestaltungen ausgemessenen Päijänne Sees, eine wie grosse Rolle selbst in diesem vorwiegend granitischen Grundgebirge die Bruchspalten

und Verwerfungen für die Seetiefen und Seeformen spielen; auf seiner Karte ¹⁾ des Päijänne-Sees (nördlich vom Helsingfors gelegen, ein 150 km langgestreckter Talsee) im Massstabe 1:100 000 tritt scharf hervor, dass die durch das finnische Grundgebirge allgemein von NW nach SO durchstreichenden Bruchspalten die Ursache sind für die quer durch den See 6—7 mal hindurchziehenden schmalen Seebuchten; die querliegenden Seetiefen sind scharf in das Granitgebirge eingeschnitten und trotz ihrer geringen Breite stellenweise bis 100 m tief. Eine zweite Spaltrichtung gibt sich in dem ganz am Südostrande des Sees liegenden Spaltenarm kund, der von NO in SW streicht, also senkrecht zu den Hauptbruchspalten.

Den Ausführungen J. SEDERHOLM's über die Entstehung der einzelnen Formen des Päijänne Sees füge ich hinzu, dass auch dieser lange Talsee im ganzen meiner Auffassung nach nur durch eine flachmuldenförmige Faltung des finnischen Grundgebirges und Stauung beim Absinken der Schollen zusammengestaut wurde, d. h., dass dieser See wie die anderen im Fels liegenden Talseen ein durch tektonische Bewegungen ertrunkenes Flusstal ist. Die Ertränkung derartiger Täler in Fennoscandia (Finnland und Skandinavien) setze ich in die jüngste Diluvialzeit, in die von mir „skandinavische“ Periode genannte jüngste Eiszeit Europas.

Wir erkennen sonach, dass sowohl die wichtige Tatsache einer Verlagerung der skandinavische Wasserscheide nach der Eiszeit, wie die örtlich verschieden hoch über dem jetzigen Meeresniveau an vielen Küsten durchziehenden Strandlinien der Yoldia-, Ancylus- und Litorina-Meere und Seen, wie die überall in Fennoscandia sichtbare Ertränkung alter Flusstäler zu langen, schmalen Talseen, deutliche Anzeichen für ganz junge tektonische Bewegungen, Stauungen und Dislokationen über weite Landflächen hin sind. Das senkrechte Ausmass dieser jungdiluvialen Bewegungen ist nicht bedeutend im Verhältnis zu den weit und flach ausgedehnten Ländern, die von ihnen betroffen wurden; aber ihre Spuren sind trotz ihrer Jugend deutlich ausgeprägt in den eigentümlichen Oberflächenformen von Fennoscandia.

Schliesslich will ich darauf hinweisen, dass die Verlagerung der skandinavischen Wasserscheide in ihrer Länge von 1200 km im wesentlichen bedingt ist durch die postglaziale kontinentale Absenkung von Nord-Europa; mit dem ganzen Kontinente sank Skandinavien ab, welches zur Haupteiszeit mit seinem Hochgebirge und mit seinen übrigen Landflächen wohl doppelt so hoch über dem Ozean stand als jetzt ²⁾.

¹⁾ J. SEDERHOLM hatte diese schöne Tiefen-Karte des Päijänne-Sees den Teilnehmern des Kongresses zur Verfügung gestellt.

²⁾ Siehe im II. Bd. meiner „Geologie von Deutschland“ die letzten Kapitel über die Eiszeit in Norddeutschland, und meinen Vortrag am 26. August 1910 auf dem Internationalen Geologen-Kongress zu Stockholm: Über die Einheit und die Ursachen der Eiszeit in Europa.

Während der Absenkung kippte der skandinavische Schild einseitig nach Südosten zur jetzigen Ostsee hin etwas tiefer ab als nach Nordwesten, wodurch sich die Verlagerung der Wasserscheide ergab. Diese Bewegungen geschahen während der atlantischen und skandinavischen Perioden der europäischen Eiszeit; sie ergriffen Skandinavien ebenso wie das ganze nördliche Europa.

Durch diese grosse, regionale Absenkung geriet Fennoscandia in ein kleineres Segment der Erdkugel, staute sich dadurch in sich zusammen, zerspaltete in einzelne kleine Schollen, von Brüchen und Verwerfungen begrenzt — kurz erlitt diejenigen Dislokationen, welche wir in den ungleich hohen Strandlinien der postglazialen Meere und Seen an den Küsten und im Innern von Schweden beobachtet haben; durch diese kleineren Schollenbewegungen mit ihren Staubecken und Brüchen im kristallinen Grundgebirge wurden gleichzeitig in derselben postglazialen Zeit zahlreiche Einzelstrecken von früheren Flusstälern zu langgezogenen Talseen ertränkt.

Es wäre erwünscht, wenn die schwedischen Geologen diese merkwürdige und für die Eiszeit wichtige Verlagerung der skandinavischen Wasserscheide in ihrer ganzen Erstreckung von Lappland bis Südnorwegen genauer untersuchen und die Ausmasse dieser Bewegungen im einzelnen feststellen würden.
