

# GEOGRAPHISCHE ZEITSCHRIFT.

---

HERAUSGEGEBEN

VON

**DR. ALFRED HETTNER,**

A. O. PROFESSOR DER GEOGRAPHIE AN DER UNIVERSITÄT TÜBINGEN.



LEIPZIG,

DRUCK UND VERLAG VON B. G. TEUBNER.

## Die Grönland-Expedition der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin.

Von **E. v. Drygalski.**

Die wissenschaftlichen Ergebnisse der unter Leitung des Verfassers 1891 bis 1893 durchgeführten Grönland-Expedition der Berliner Gesellschaft für Erdkunde sind in zwei umfangreichen Bänden<sup>1)</sup> niedergelegt worden, von denen der erste Grönlands Eis und sein Vorland behandelt und von dem Leiter der Expedition herrührt. Nachdem die Drucklegung dieses Bandes beendet war, doch vor seiner Herausgabe, erschien in dem ersten der wissenschaftlichen Ergänzungshefte<sup>2)</sup> zur Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins S. Finsterwalder's Arbeit über den Vernagtferner, seine Geschichte und seine Vermessung in den Jahren 1888 und 1889. Das Werk ist nicht ohne die Mitwirkung von E. Richter zu Stande gekommen und enthält außerdem einen Anhang, welcher von A. Blümcke und H. Hefs herrührt und die Nachmessungen am Vernagtferner in den Jahren 1891, 1893 und 1895 behandelt. Eine Benutzung dieser Arbeiten für das Grönlandwerk war nicht mehr möglich. Ich hätte andernfalls auf die darin mitgeteilten sorgfältigen und interessanten Beobachtungen in manchen Einzelheiten Bezug nehmen können; ich hätte jedoch die in dem Grönlandwerk enthaltenen Darlegungen und Ansichten in keinem Punkte geändert. Ich muß dieses eingangs hervorheben, weil die nachstehend behandelte Besprechung meiner Arbeiten mehrfach durch das Vernagtfernerwerk beeinflusst erscheint.

Von E. Richter<sup>3)</sup> und S. Finsterwalder<sup>4)</sup> geht eine Kritik des ersten Bandes des Grönlandwerkes aus, welche sich mit manchen Punkten desselben nicht einverstanden erklärt. Meine Beobachtungen werden zwar nach Umfang und Inhalt anerkannt, die daraus gezogenen Schlüsse aber mehrfach nicht gebilligt. Ungünstig beurteilt wird insbesondere die Anordnung meiner auf den Höhen des Inlandeises eingerichteten Markensysteme und die Methode ihrer Vermessung, ohne daß die daraus gezogenen Resultate in Frage gestellt werden. Bedauert wird, daß meine Beobachtungen sich nicht noch weiter in das Inlandeis hinein erstreckt haben, was, wie ich vorweg nehmen will, nur dann möglich gewesen wäre, wenn ich auch die Monate August und Oktober 1892 und diesen entsprechende Zeiten im Frühjahr 1893 auf dem Inlandeis zugebracht und somit auf die Bearbeitung der Eisströme und der Küstengletscher verzichtet hätte, deren Wert gerade von beiden Referenten betont wird.

Ehe ich auf die Einzelheiten der geübten Kritik eingehe, muß ich darauf hinweisen, daß S. Finsterwalder's Werk über den Vernagtferner eine geometrische Theorie der Eisbewegung enthält, welche sich von der von mir vertretenen physikalischen in den Grundlagen unterscheidet. Sie setzt unter anderem voraus, daß „eine Vernichtung oder Neubildung der bewegten Eismassen am Grunde oder im Innern des Gletschers ausgeschlossen“ ist<sup>5)</sup>,

1) Berlin, W. H. Kühl, 1897. 2) Graz, 1897. 3) Geographische Zeitschrift 1899, S. 126 ff. 4) Deutsche Meteor. Ges., Zweigverein für Bayern. München, 10. Januar 1899. 5) Vernagtferner S. 48.

während meine Beobachtungen in allen Teilen des bewegten Eises Verflüssigung und Wiederverfestigung nachweisen und die Wirkung davon in allen Bewegungserscheinungen wiederfinden. Dabei muß ich nachdrücklich betonen, daß meine Darstellung nicht, wie man aus Richter's Besprechung (S. 133) schliessen könnte, von der Thomson-Heim'schen Erklärung der Eisbewegung durch Verflüssigung und Regelation ausgeht und die Beobachtungen dieser einzuordnen bemüht ist, sondern daß sie, wie schon die äußere Anordnung meines Buches zeigt, die in Grönland gewonnenen Beobachtungen als solche aufführt und betrachtet und dann schliesslich zu einer Theorie der Eisbewegung zusammenschließt, welche als eine Weiterbildung der Thomson-Heim'schen Theorie bezeichnet worden ist, und, wie ich glauben möchte, mit Recht.<sup>1)</sup>

S. Finsterwalder kennt die Grenzen seiner geometrischen Theorie sehr wohl<sup>2)</sup> und spricht z. B. in einem Falle, wo Heim eine Thatsache der Gletscherbewegung (die Geschwindigkeitsabnahme in der Gletscherzunge gegen das Ende hin) anders begründet hat als er, vorsichtig nur davon, daß von den Gründen Heim's keiner stichhaltig zu sein braucht, weil die Thatsache sich auch nach der geometrischen Theorie erklären lasse. Finsterwalder äußert sich auch in dem mir vorliegenden Protokolle nicht gegen meine Erweiterung der Thomson-Heim'schen Theorie. E. Richter aber unterscheidet zwischen den beiden Anschauungsweisen nicht mit genügender Schärfe. Er beurteilt Einzelheiten meiner Darstellung auf der Basis von Finsterwalder's geometrischer Theorie, von der sie sich gerade in der Grundlage unterscheidet, faßt gelegentlich (bei Besprechung der Schichtung) eine Voraussetzung Finsterwalder's als bewiesene Thatsache der Gletscherbewegung und damit als Grund gegen meine auf Beobachtungen beruhende andere Anschauungsweise, und kommt daher bei den Einzelheiten wie schliesslich im allgemeinen bezüglich meiner Aufstellungen über Gletscherbewegung zu einem ablehnenden Standpunkt (S. 141). Meine Formulierung der Regelationstheorie erkennt er dabei übrigens an, ohne die Begründung derselben durch Struktur- und Wärmebeobachtungen zu beachten.

Ich gehe nun zu den Einzelheiten über.

### Die Messungen.

Wenn ich auch nicht annehmen kann, daß ein der Vermessungsarbeiten so kundiger Forscher, wie Finsterwalder, sich mit den im Protokoll des Münchener Zweigvereins der Meteorologischen Gesellschaft wiedergegebenen Worten geäußert hat, so muß ich mich doch daran halten, weil dasselbe über eine Sitzung von Fachgenossen berichtet und an andere Fachgenossen

1) Besprechung des Grönlandwerkes durch M. Bertrand in *Compt. Rend.* 14. März 1898. Es heisst dort: „Cette explication du mouvement des glaciers se rapproche de celle qu'a proposée Thomson; mais les arguments qu'après Thomson et M. Heim on pouvait déjà faire valoir en sa faveur sont maintenant, grâce à M. de Drygalski, singulièrement plus nombreux et plus précis. La théorie mécanique et thermique en paraît aussi satisfaisante qu'on peut l'attendre pour des questions aussi complexes...“

2) Vernagtferner S. 47.

versandt ist. Danach erwähnt Finsterwalder zunächst einen „genialen Plan, durch eine wiederholte, von einer Landbasis ausgehende und im Bogen über das Inlandeis zu einer zweiten Landbasis geführte Triangulation die Bewegungsverhältnisse im Innern zu erforschen“, von welchem dann nichts ausgeführt sei.

Ein solcher Plan ist von mir natürlich nicht vorgelegt worden. Denn das Inlandeis ist in jenen Gebieten, wie Finsterwalder selbst ungefähr richtig angiebt, etwa 1000 Kilometer breit. Eine Triangulation von Landbasis zu Landbasis, um die Bewegung des Innern zu erforschen, hätte demnach eine Strecke von 1000 Kilometer durchmessen müssen, sei es, daß sie von der Westküste zur Ostküste, sei es von der Westküste zur Westküste zurückkehrend gedacht ist. Die Entfernung ist etwa gleich der von Berlin bis Florenz, auf welcher Strecke als ein sehr kleiner Teil das von Finsterwalder mit allen Hilfsmitteln und Hilfskräften der umliegenden Kulturbezirke triangulierte Vernagtfernergebiet liegt. Und eine solche Triangulation soll wiederholt, also mindestens zweimal geplant gewesen sein! Ich brauche nicht zu bemerken, daß diese Aufgabe in Kulturländern die mehrjährige Arbeit wohlorganisierter Landesaufnahmen erfordern würde und von einer einjährigen Expedition auf dem Inlandeis Grönlands nicht geleistet werden kann, wo alle Gegenstände zum Leben, Wohnen, Messen, Errichten der Signale u. s. w. von zwei Europäern und wenigen Eskimos mitgetragen werden mußten. Ich glaube, wie gesagt, nicht, daß Finsterwalder sich in dieser Weise geäußert hat, und betrachte meine Abweisung nur als eine Berichtigung des Protokolls, welches offenbar irrtümlich gefaßt ist.

Finsterwalder tadelt jedoch auch die Methode meiner auf dem Inlandeis ausgeführten Messungen in einer Form, auf welche einzugehen ich keine Veranlassung nehme. Wenn er zur Sache bemerkt, daß meine Messungsreihe auf den Namen einer Triangulation nicht entfernt Anspruch machen kann, so verweise ich auf Grönlandwerk Bd. I, S. 195, wo ich mitteile, daß ich eine Triangulation dort gar nicht ausführen wollte, sondern mit voller Absicht andere Methoden gewählt habe. Es ist also sehr natürlich, daß meine Messungsreihe keine Dreieckskette bildet. Es geschah, weil ich damit viel Zeit ersparte und für das Hauptproblem dasselbe erreichte. Denn eine Triangulierung der von mir vermessenen Gebiete hätte die Einrichtung von nahezu doppelt so vielen Marken und somit fast den doppelten Zeitaufwand erfordert. Die von mir gewählten Methoden lieferten den Standpunkt der einzelnen Marke, wie ich im Grönlandwerk (Kapitel VIII) eingehend erörtert habe, nicht so genau, wie eine Triangulation, ergaben jedoch bei der Anzahl der Marken, die sich gegenseitig kontrollieren, und bei den andern angewandten Kontrollen für das ganze System hinreichend sichere Resultate, zumal jede einzelne Beobachtung, wie P. Vogel<sup>1)</sup> hervorhebt, „in gewissenhaftester Weise geprüft und mit jeder Reihe eine sorgfältige rechnerische Ausgleichung vorgenommen ist“, nicht eine etwas gewaltsame, wie Richter (S. 127) urteilt. Um diese Verhältnisse zu übersehen, ist ein Einblick in das achte Kapitel des Grönlandwerkes nicht wohl zu umgehen.

1) Beilage zur Allgemeinen Zeitung 1898, Nr. 270, S. 2.

Die von mir gewählten Methoden sind dabei übrigens ebensowohl bekannt und geodätisch bewährt, wie die der Triangulation und des Vorwärtseinschneidens, welche letztere ich unter den ganz anderen Verhältnissen der Eisströme anwandte (und nur hier anwenden konnte), und deren Ergebnisse Finsterwalder und Richter besonders anerkennen. Wenn beide Referenten aber andererseits hervorheben, daß bei der geringen Bewegung des Inlandeises an der Markenreihe vor der Nordstufe des Karajak-Nunataks die Beträge durch die Fehler der von mir angewandten Meßmethoden fast verdeckt werden, so übersehen sie, daß dieses nur für die aus den Längenmessungen allein abgeleiteten Resultate gilt, wie ich in jedem Falle dann selbst hervorhebe, um diese Resultate eben auszuschalten, nicht für die aus den Winkelmessungen hergeleiteten. Die sehr geringen Fehler dieser, die ich auch angebe (Band I, S. 180), beachten beide Referenten nicht und ebensowenig, daß die schließlich von mir gezogenen Resultate nicht allein der Richtung, sondern auch der Größe nach auf diesen letzteren beruhen und darum sicher sind.

Schließlich bedauert Richter auch die Verteilung meiner Markenreihe sowie den zu geringen Umfang derselben und stellt die Frage, warum das Markensystem größtenteils parallel zum Ufer und nicht lieber durchweg senkrecht auf dieses errichtet worden sei. Nun zeigt meine Karte, welche Richter benutzt hat, nicht fünf Markenreihen, wie er angiebt, sondern deren neun, und davon eine in nur geringer Entfernung und unter genau den gleichen Bedingungen, wie sie dort sein würden, wo Richter gerade eine Markenreihe von Aufgangseck ausgehend vermißt. Von den neun Reihen lagen sechs quer zum Ufer, zwei parallel und eine in der Umgebung eines Randsees, die Mehrzahl also jedenfalls quer zum Ufer. Die eine der Parallelreihen diente zur Verbindung der drei oberen Querreihen und trug dadurch wesentlich zur Sicherung der an diesen angestellten Messungen bei, weil so für das ganze System an zwei Stellen Anschluß an das Land gewonnen und z. B. die Ableitung der Höhenverhältnisse von zwei von einander unabhängigen Landfixpunkten aus ermöglicht wurde. Außerdem sollten die Parallelreihen zum Studium der Bewegung gegen das Land dienen, welche ich aus dem Verlauf der Blaubänder vermutete, und welche sich auch in Verbindung mit der neunten Reihe gezeigt hat, indem die Parallelreihen für diese Bewegung eben Querreihen waren.

Für die Verteilung meiner Markenreihen habe ich also gute Gründe gehabt, welche aus dem Grünlandwerk auch zu entnehmen gewesen wären. Ich habe die Marken in einem gänzlich unkartierten und durchaus nicht leicht übersichtlichen Gebiet so eingerichtet, wie es der Charakter der Eisoberflächen und die sichtbaren Landteile zweckmäßig erscheinen ließen, und bin erfreut gewesen, die verschiedenen in Betracht kommenden Richtungen auch alle nach Gebühr berücksichtigt zu haben, was bei einem schon vorher kartierten kleinen Gletscher jedenfalls leichter ist.

Was aber die zu geringe Ausdehnung meiner Messungen in das Innere hinein betrifft, die Richter bedauert, so darf ich vielleicht darauf hinweisen, wie ein Kenner des Inlandeises, R. Hammer<sup>1)</sup>, meine diesbezügliche Arbeit

1) Geografisk Tidskrift 1897/98, S. 181.

beurteilt hat, der allein schon die Aufstellung der 98 Bambusstangen für „et betydeligt Arbejde“ erklärt. Auch wiederhole ich, daß eine noch ausgedehntere Bearbeitung des Inlandeises nur im August und Oktober sowie in entsprechenden Zeiten des Frühjahrs, mithin auf Kosten der an den Eisströmen und Küstengletschern ausgeführten Arbeiten möglich gewesen wäre, die ich auch heute noch für wichtiger halte. Besonders zeitraubend und schwierig wäre die von meinen Referenten, wie es scheint, besonders gewünschte Vermessung des Eises in der Umgebung des Rentiernunataks gewesen, zumal dieselbe bei dem Charakter der dort herrschenden Zerklüftung nicht durch Vorwärtseinschneiden vom Lande her hätte ausgeführt werden können.

Die Abnahme der Bewegung in das Inlandeis hinein ist von mir auch so gezeigt worden und dazu die ganze Verteilung der Bewegung innerhalb eines großen Eisstromes, was bisher noch nicht geschehen war. Meine an den Eisströmen gewonnenen Ergebnisse gehen mithin darüber hinaus, was Richter (S. 129) an ihnen hervorhebt, daß sie sich in übereinstimmender Weise an die früheren anreihen. Die Bewegung in das Inlandeis hinein noch weiter zu verfolgen ist gewiß von hohem Interesse, bedarf jedoch längerer Zeit, stärkerer Hilfsmittel und genauerer Instrumente, als sie mir zur Verfügung standen, und als sie ohne ganz besondere Ausrüstung auf dem Inlandeis überhaupt verwendbar sind. Auch darüber giebt das VIII. Kapitel des Grönlandwerkes Auskunft. Man würde durch ein weiteres Vordringen in das Innere feststellen können, daß die Bewegungsabnahme in das Inlandeis hinein, deren Anfänge meine Messungen zeigen, sich weiter fortsetzt. Über die Art und den Charakter der Eisbewegung würde man dabei jedoch weniger Aufschlüsse gewinnen, als ich sie im Randgebiet und auf den Eisströmen zu erhalten vermochte, wo die Beziehungen des Eises zum Lande noch erkannt werden konnten, und wo das Studium des Eises selbst auch unterhalb der im Innern allein sichtbaren Oberfläche möglich war. Ich halte die über die Art der Eisbewegung erzielten Resultate für wichtiger als einzelne über den Grad der weiteren Bewegungsabnahme in das Innere hinein zu erreichende Zahlen, deren sichere Gewinnung außerordentlich viel Zeit und Arbeit erfordert und dadurch wichtigere Arbeiten verhindert hätte.

#### Horizontalbewegung des Eises.

Richter's Darstellung meiner Ergebnisse über die Horizontalbewegung des Eises ist im allgemeinen zutreffend. Ich möchte nur berichtigen, daß die Bewegung gegen das Land am Hüttensee, also innerhalb des lebhaft in anderer Richtung bewegten Großen Karajak-Eisstromes, nicht eine lokale Erscheinung ist, weil sich hier, wie Richter bemerkt, eine Ausbuchtung des Gletschers befindet, sondern die Äußerung des allgemeinen Phänomens, daß das Eis sich nach allen Seiten nach Maßgabe seiner Mächtigkeitsdifferenzen auseinanderbewegt und sich nicht auf eine Strömungsrichtung beschränkt. Ich verfolge dieses Phänomen auch an anderen Stellen, so z. B. auf der Höhe des Inlandeises vor der Nordstufe des Karajak-Nunataks in der Vertikalbewegung und an verschiedenen anderen Stellen in der Verteilung der Blau-

bänder. Ich habe hierfür den Ausdruck Inlandeisbewegung eingeführt, ohne darunter einen anders als die Gletscherbewegung gearteten Bewegungsvorgang zu verstehen, sondern nur um die Unabhängigkeit der Bewegung von den Landformen hervorzuheben, welche bei den in Thälern strömenden Gletschern weit weniger vorhanden ist.

Zur Erklärung der Bewegungsverteilung zieht Richter einen Vergleich zwischen dem Inlandeis Grönlands und den Gletscher- und Firngebieten der Alpen und Norwegens, den ich gelten lassen könnte, weil er vielleicht formell zum Verständnis beiträgt, wenn er nicht auch für das Inlandeis eine zu bestimmte Scheide zwischen dem Nähr- oder Firngebiet und dem Gletscher- oder Abschmelzungsgebiet annehmen würde. Eine solche besteht auf dem Inlandeis nicht, da sich hier die Bewegung der Eisströme innerhalb einer für das Aussehen gleichförmigen Masse ohne bestimmten Anfang entwickelt. Das Inlandeis ist Nähr- und Abflussgebiet zugleich, worauf ich noch zurückkommen werde, wobei sich nur bestimmte Teile desselben zu bestimmten Zeiten durch jeweiliges Überwiegen der Abschmelzung oder der Anhäufung näher mit einem Gletscher- oder einem Firngebiet vergleichen lassen. Eine scharfe Scheide besteht auch bei den Alpengletschern nicht; das Merkmal des Inlandeises ist es aber, daß sie völlig unsicher wird. Die Eisströme bilden daher kein sekundäres Abflusssystem, wie Richter meint, sondern liegen vollkommen in dem allgemeinen Bewegungssystem. Ihre heftige Bewegung entsteht nicht durch das Hinabfließen des Eises an steilen Fjordwänden, wie Richter angiebt, sondern durch die größere Dicke, welche das alles verhüllende Inlandeis in den Fjorden besitzt. Ein Einfluß der Neigung auf die Bewegung tritt, wenn überhaupt, nur sehr untergeordnet hervor, wie meine Beobachtungen lehren. Die Zerrissenheit deutet dabei nicht die Steilheit des Untergrundes an, wie Richter äußert, sondern ist eine Folge der starken Bewegung, welche von der Mächtigkeit abhängt, wie die Richtung der Spalten lehrt. Richter beachtet in allen diesen Punkten nicht den Unterschied zwischen dem Inlandeis und den kleinen Gletschersystemen der Alpen; er geht von diesen aus und übersieht ganz die abweichenden Erscheinungen, die ich von jenem berichtet habe.

Was nun die Verteilung der Geschwindigkeit in den Eisströmen betrifft, insbesondere die rapide Zunahme gegen das Ende hin, so kann ich Richter darin vollkommen beistimmen, daß der Abbruch der Bewegung in den Eisströmen durch die Kalbungen im Meere ein jäher ist und daß die Bewegung auf diese Weise mit anderen Geschwindigkeiten endet, als wenn der Eisstrom auslaufen würde, bis er durch Ablation zerstört wird. Auch darin bin ich derselben Ansicht, daß der Grund für eine Verlangsamung in auslaufenden Gletscherzungen die Massenabnahme ist, indem alle meine Darlegungen ja darauf hinauslaufen, daß die Geschwindigkeit von der Mächtigkeit abhängt. Der Unterschied zwischen der Geschwindigkeitsverteilung in dem Großen Karajak und in den Alpengletschern wird aber von Richter nicht scharf und zutreffend wiedergegeben. Es kommt hier auf den Vergleich der Bewegungssummen innerhalb der in der Richtung des Strömens auf einander folgenden Querschnitte an, wobei ich unter Bewegungssumme die Fläche des

Querschnittes multipliziert mit der für ihn geltenden mittleren Geschwindigkeit verstehe.

Die Thatsachen liegen folgendermassen: In dem Grofsen Karajak findet sich an der Oberfläche des Endes im Querschnitt eine gröfsere Bewegungssumme als weiter oberhalb, während bei den Alpengletschern das umgekehrte der Fall ist und bei dem grönländischen Küstengletscher von Sermiarsut, den ich vermessen habe, diese Bewegungssumme in einem oberen und einem unteren Querschnitt gleich grofs zu sein scheint. Nun ist eine gegen das Ende hin abnehmende Bewegungssumme dadurch zu erklären, dafs das durch den oberen Querschnitt überzählig nachquellende Material durch Ablation zerstört wird. Auch eine gleiche Bewegungssumme ist bei den Verhältnissen des Sermiarsut verständlich. Eine zunehmende aber erfordert unbedingt, da die Kontinuität abgesehen von den Spalten erhalten bleibt, die Annahme, dafs unter der Oberfläche des oberen Querschnittes mehr Material strömt als unter der des unteren, weil sonst der Bedarf für das durch den unteren strömende Eis nicht gedeckt würde. Dieser Überschufs kann einmal dadurch zu Stande kommen, dafs der obere Querschnitt dicker ist als der untere, und zweitens dadurch, dafs die tieferen Schichten unter jenem schneller strömen als unter diesem.

Ich habe mich im Grönlandwerk unter eingehender Begründung für den zweiten Fall entschieden, weil einmal die Seitenwände des Grofsen Karajak für den oberen Querschnitt keine so erheblich gröfsere Tiefe annehmen lassen, wie sie der Bewegungsüberschufs des unteren Querschnittes erfordert, und weil zweitens in der zunehmenden Entlastung des Eisdrucks durch das immer tiefere Eintauchen ins Meer ein direktes Moment gegeben ist, welches die Bewegung der Tiefenschichten gegen das Ende hin verlangsamen mufs, welches also thatsächlich parallel zum Wachstum der Bewegungssumme an der Oberfläche eine Abnahme der Bewegung in den tieferen Lagen des Eisstromes erzeugt. Richter entscheidet sich dagegen für den ersten Fall, weil er das erste meiner Argumente nicht für zwingend ansieht und das zweite gar nicht berührt. Ich mufs aber sowohl nach den Formen der grönländischen Gneifsthäler und Fjorde das erste Argument aufrecht erhalten, als auch auf das zweite deshalb besonderes Gewicht legen, weil der Übergang des aktiven Eisströmens in die passive schwimmende Bewegung der Eisberge, den man beobachtet, hierauf beruht und somit die allmähliche Abnahme der Eigenbewegung des Eises in den Tiefenschichten gegen das Ende hin, wo sich die Eisberge bilden, eine Thatsache ist. Ich gebe also keine schwer verständliche, gekünstelte Erklärung, sondern eine solche, welche aus den Beobachtungen über die verschiedenen Bedingungen des strömenden und des schwimmenden Eises, zwischen welchen der in das Meer eintauchende Eisstrom ein Übergangsstadium darstellt, direkt folgt. Dafs der gleiche Effekt unter Umständen auch durch eine verschiedene Dicke der Querschnitte erreicht werden kann, habe ich niemals bezweifelt, sondern für höher auf dem Lande gelegene Teile sogar angenommen.

## Vertikalbewegung.

Bei der Besprechung der Vertikalbewegung des Eises verschärft sich Richter's Widerspruch. Er referiert zunächst treffend, daß sich das Karajakgebiet in einer Periode des Rückzugs befindet, und giebt nur dem Gedanken Raum, daß die Ablation zur Zeit meiner Thätigkeit vielleicht eine besonders starke und mithin die Rückzugsperiode eine vorübergehende war, weil es an weiteren auffallenden Rückzugszeichen fehle. Das letztere ist nicht der Fall. Ich habe auch die Moränen und die anderen Eisspuren des näheren beschrieben, welche einen anhaltenden Rückzug des Eises beweisen, und außerdem die Bedeutung des Kryokonithorizontes als sicheres Zeichen einer Rückzugsperiode eingehend erörtert. Auch habe ich den Rückgang vom Sommer 1891 bis zum Sommer 1893, also durch zwei Jahre, verfolgt und daraus ersehen, daß wir es 1892/93 nicht mit einer vorübergehenden Erscheinung zu thun hatten. Die beobachteten Ablationsverhältnisse geben ebenfalls keinen Anhalt zu der Vermutung, daß sie im Jahre 1892/93 außergewöhnlich kräftig waren. Der Winter war freilich milde, hatte aber trotzdem auf den Gesamtbetrag der Ablation gegenüber dem Sommer und Herbst nur einen verschwindenden Einfluß, wie aus meinen Zahlen zu ersehen ist. Es liegt somit kein Grund vor, in der Zeit meiner Thätigkeit an Grönlands Inlandeis für dessen Bedingungen in der Gesamtheit andere Ausnahmeerscheinungen voraussetzen als die, daß dasselbe zum ersten Male dauernd längere Zeit überwacht wurde.

Für den Fall, daß keine Ausnahmebedingungen bestanden, folgert Richter, daß die von mir beobachtete Randschwellung nichts anderes als ein Rest des alljährlich auch bei rückgehenden Gletschern auftretenden winzigen Wintervorstosses oder Stillstandes ist, den auch Hagenbach-Bischoff am Rhonegletscher beobachtet habe. Das ist und war mir auch bisher so wenig zweifelhaft, daß ich es nicht besonders erwähnen zu dürfen glaubte. Worauf es mir ankam, war, die Bewegungsart bei diesem Vorstoss genauer präzisiert zu haben, wie aus verschiedenen Stellen des Grönlandwerkes und schliesslich aus meiner Entwicklung der Regelationstheorie (Seite 515) ganz zweifellos hervorgehen wird. Richter sagt nun freilich, daß über die Art dieses Vorstosses schon Finsterwalder's Vernagtwerk Aufschluß gebe, was auf der Grundlage der geometrischen Theorie auch geschieht. Dadurch wird meine auf Beobachtungen beruhende Darstellung des Bewegungsvorganges jedoch weder überflüssig noch widerlegt. Denn gerade der Rand des Inlandeises zeigt in der Wärmeverteilung und in den Strukturverhältnissen, besonders in der Klarheit, Gestalt und grosenteils regelmässigen Anordnung der Körner in den unteren Lagen so unzweideutige Spuren von dort vorgegangenen Verflüssigungen und Wiederverfestigungen, daß hier sicherer denn überall sonst die Regelationstheorie am Platze ist und daß hier die geometrische Theorie, welche von solchen inneren Veränderungen absieht, auf besondere Schwierigkeiten stößt.

Aus der Beobachtung des Bewegungsvorganges in dem schwellenden Randgebiet kommt man jedoch noch zu weiteren Resultaten, wenn man

bedenkt, daß die dort rein passiv gehobene Oberfläche zu dieser Aufwärtsbewegung doch ohne Zweifel eine Zufuhr von Masse in den tieferen Lagen voraussetzt, also eine Bewegung der unteren Teile anzeigt, welche hier an Geschwindigkeit die der oberen übertrifft, indem die ersteren die letzteren überholen. Diese Vorgänge sind wichtig für das Verständnis der Differentialbewegungen im Eise, die ich an verschiedenen Stellen geschildert habe, von deren Besprechung Richter aber absieht. Ich komme sogleich noch darauf zurück und resumiere hier nur kurz, daß es gleichgültig ist, ob man von einer Schwellung oder Vertikalbewegung des Randgebietes oder von einem Wintervorstofs spricht. Wichtig ist dagegen die Feststellung, daß dieser Vorgang auf einer schnelleren inneren Zufuhr von Material unterhalb und unabhängig von den passiven Oberflächenlagen beruht, wie auch die Verteilung der Schichten lehrt.

### Die Küstengletscher.

Die Mißverständnisse, welche in Richter's Besprechung dieses Teiles meiner Arbeiten vorhanden sind, beruhen darauf, daß er den Begriff der Differentialbewegung nicht beachtet hat. Ich will dieselben im einzelnen zu berichtigen und den Begriff dabei zu erklären versuchen.

Ein offenkundiges Mißverständnis enthält zunächst der Satz: „Die Rechnung, wir denken uns den Asakakgletscher in eine Folge von 1 m dicken Lagen zerlegt u. s. f., fällt in ganz anderem Sinn aus, wenn man statt 100 Lagen mehr oder weniger annimmt.“ Denn einen Gletscher, dessen Dicke ich auf 100 m angebe, kann man nicht in mehr oder weniger als 100 ein Meter dicke Lagen zerlegen, und nimmt man zur Zerlegung des 100 m dicken Gletschers mehr als 100 dünnere, oder weniger als 100 dickere Lagen als ein Meter an, so hat jede eben eine andere Differential- oder Eigenbewegung, als sie für eine 1 m dicke Lage festgestellt ist, und die Summe der Bewegungen bleibt daher dieselbe.

Richter lehnt ferner meine Folgerung der relativ schnelleren Tiefenbewegung im Asakak hauptsächlich deshalb ab, weil sie ihm unverständlich blieb, was ich nicht als hinreichenden Grund der Ablehnung gelten lassen kann. Ich versuche indessen den Vorgang auch hier zu erklären: Jede Horizontallage des Gletschers für sich betrachtet hat eine bestimmte Eigen- oder Differentialbewegung, welche auf dem Mafß der Lockerung ihres Gefüges durch innere Verflüssigungen und Wiederverfestigungen beruht. Dieses Mafß nimmt von unten nach oben ab wie der Druck der darüber lastenden Massen, wie auch die Verteilung der Schichtung darthut, welche nach den darin herrschenden Kornstrukturverhältnissen zu urteilen durch Verflüssigungen und Wiederverfestigungen entsteht und ein Mafß für deren Umfang ist. Die Eigenbewegung der oberen Lagen für sich betrachtet ist also relativ geringer als die der unteren. Die absolute Bewegung der einzelnen Lagen ist aber größer als ihre Eigenbewegung, weil zu der Eigenbewegung der höheren Lage ein Teil von der Bewegung der tieferen, bisweilen auch das ganze, hinzutritt, indem eben die sich bewegende tiefere Lage die auf ihr liegende höhere nach Mafßgabe ihres noch ganz festen oder schon gelockerten Zusammenhanges mit-

nimmt. Nur wenn der Zusammenhang ganz gelöst ist, wird die tiefere Lage unter der höheren fortgepreßt. Auf diese Weise kommt durch Summierung von Teilen der Differentialbewegungen der einzelnen Lagen an der Oberfläche des Asakak und auch des Großen Karajakendes eine gröfsere absolute Bewegung zu Stande, als sie in der Tiefe herrscht und welche stets gröfsere als die Eigenbewegung der Oberflächenlage ist. Der Umstand aber, dafs die an der Oberfläche der Asakakzunge gemessene absolute Bewegung weit geringer ist, als sie sein würde, wenn alle Lagen für sich betrachtet so stark wie die unterste bewegt sein und zur Bewegung der Oberfläche mit der vollen Summe mitwirken würden, lehrt eben, dafs die oberen Lagen entweder keine so starke Eigenbewegung haben, wie die unterste, oder dafs die einzelnen Lager nicht mit der vollen Eigenbewegung zur passiven Bewegung der Oberfläche beitragen. Dafs das erste jedenfalls zutrifft, beweist auch die Verteilung der Schichtung. Richter geht auf diese aus der Struktur hergenommenen Argumente überhaupt nicht ein und übersieht damit einen wesentlichen Teil der Beweisführung. Bezüglich des ganzen Bewegungsvorganges darf ich vielleicht auch auf die Besprechung des Grönlandwerkes durch J. Geikie<sup>1)</sup> verweisen, wo derselbe vollständig richtig und klar nachentwickelt ist, und daraus wohl die Hoffnung entnehmen, dafs der Gang der Entwicklung bei Beachtung aller einschlägigen Erscheinungen auch aus dem Grönlandwerk selbst zu ersehen ist.

Beim Sermiarsut habe ich ebenfalls keine alle bisherigen Anschauungen auf den Kopf stellenden Annahmen gemacht, sondern nur den Bewegungsvorgang in der gleichen Weise zergliedert und in seinen Teilen dargestellt wie beim Grofsen Karajak und Asakak. Ich habe so durch die relativ schnellere Bewegung der unteren Teile die heutige Länge des Sermiarsut zu begründen gesucht, welche sonst mit der Stärke der Ablation und dem Mafs der an der Oberfläche gemessenen Bewegung nicht in Einklang steht. Richter sieht aber auch hier von der Betrachtung der Differentialbewegungen ab und sucht für die gegenwärtige Entwicklung des Gletschers andere Erklärungen.

Von den durch ihn vorgeschlagenen kann ich die, dafs der Gletscher auch 200 m dick sein kann und nicht 100 m, wie ich auf Grund von Beobachtungen geschätzt habe, nicht gelten lassen, weil meine Schätzung schon eher zu hoch als zu gering ist; übrigens würde auch eine Dicke von 200 m ohne Zuhilfenahme der Differentialbewegung die Länge des Gletschers nicht erklären, wie man aus den im Grönlandwerk angegebenen Daten ersehen wird (I, S. 354), weil auch eine solche Dicke des oberen Querschnittes bei der Stärke der Ablation nicht ausreicht, um diesen bei dem geringen Mafs der Bewegung bis zu dem unteren Querschnitt gelangen und dessen heutige Formen bilden zu lassen.

Was sodann Richter's Annahme betrifft, dafs beim Sermiarsut ein Gleichgewicht zwischen Länge, Dicke, Bewegung und Ablation heute thatsächlich nicht besteht und dafs der Gletscher sich deshalb zurückzieht, so darf ich

1) Nature Vol. 58, 1898, S. 413.

wohl auf meine Darstellung der Oscillationen der Küstengletscher verweisen. Es ist dort mitgeteilt, daß die Annahme Rink's von entgegengesetzten Oscillationen benachbarter Gletscher durch verschiedene Beobachtungen bestätigt ist und vor allem durch das beobachtete Verhalten von Sermiarsut und Asakak. Letzterer stößt gegenwärtig vor, ersterer zieht sich gleichzeitig langsam zurück. Ein allgemeiner Rückzug der Küstengletscher ist also nicht vorhanden. Über die Frage aber, ob der gegenwärtige lokale Rückzug des Sermiarsut anhaltend und stark genug ist, um das Mißverhältnis zwischen Länge, Dicke, Geschwindigkeit und Ablation auszugleichen, können nur künftige Beobachtungen entscheiden. Da jedoch die Differentialbewegung bei anderen Eisströmen vorhanden ist und zu einem Vorrücken über die durch die Ablation und Oberflächenbewegung allein gesteckten Grenzen beitragen kann, liegt kein Grund vor, sie nicht auch beim Sermiarsut anzunehmen und zur Erklärung der heutigen Länge ganz oder teilweise heranzuziehen. Richter's Annahme endlich, daß ich 1892/93 gerade eine besondere Ablationsperiode getroffen habe, durfte ich schon oben als nicht begründet bezeichnen.

### Theorie der Eisbewegung.

Von Richter's Stellung zu der erweiterten Thomson-Heim'schen Regolationstheorie habe ich schon in der Einleitung gesprochen. Er äußert in einer Anmerkung, daß die Annahme von Druckverflüssigung, Regolation u. s. w. unnötig sein würde, wenn eine neue, noch gar nicht ausgearbeitete Kornbiegungstheorie zur Geltung gelangt. Ich möchte dem gegenüber darauf hinweisen, daß es sich bei Verflüssigung und Regolation nicht um Annahmen handelt, sondern um der Beobachtung zugängliche Thatsachen, welche man aus dem Studium der Kornstruktur und ihrer Veränderungen, der klaren Lagen, Schichten, Blaubänder u. s. w. erkennt.

Mit meiner Fassung der Regolationstheorie ist Richter im allgemeinen einverstanden; im besonderen tritt aber auch hier der Umstand hervor, daß er den Differentialbewegungen keine Beachtung geschenkt hat. So ist deshalb seine Feststellung, daß ich der Meinung bin, daß die Oberfläche stets die größte Geschwindigkeit hat (S. 519), und daß hierin ein Widerspruch gegen meine früheren Darstellungen des Verhältnisses zwischen Oberflächen- und Tiefenbewegung liegt, nicht zutreffend. Ich sage an der betreffenden Stelle nicht „stets“ und spreche dort nur davon, wie es zu Stande kommt, wenn die Oberfläche in der Gesamtheit die größte Geschwindigkeit hat. Solche Fälle kommen vor, wie ich beim Großen Karajak und beim Asakak des weiteren entwickelt habe. Andererseits kommen auch Fälle vor, wo die resultierende Geschwindigkeit der Oberfläche geringer ist als in der Tiefe, so z. B. im Randgebiet des Inlandeises, wie ich vorher von neuem ausführen durfte. Die Vertikalbewegung ist natürlich nur ein besonderer Fall des Fließens des Eises und von mir auch nicht anders aufgefaßt worden. Ihre Feststellung trägt jedoch wesentlich zum Verständnis des Bewegungsvorganges bei.

Ganz besonders zu kurz kommen nun bei Richter's Besprechung meine

Ergebnisse über die Struktur des Eises. Von der Mannigfaltigkeit der krystallinen Verhältnisse ist bei Richter überhaupt nicht die Rede. Von den Schichten erwähnt er kurz, daß ich sie für ein Ergebnis des Drucks halte und daß dieselben nur in den tieferen Teilen des Inlandeises vorkommen. Seine Erörterung gipfelt sodann in den Sätzen: „Die Schichtung des Grönlandeises, die ich in prächtigen Bildern darstelle, sieht genau so aus, wie die an allen Alpengletschern bekannte und jetzt schon in vielen Photographien wiedergegebene Schichtung. Über die Entstehung besteht kein Zweifel. Finsterwalder's Theorie hat dieselbe erschöpfend erklärt.“ Ohne sich dann auch nur auf eine der besonders zahlreichen Beobachtungen über Gestalt und Wesen der Schichten und deren umfangreiche Erörterung einzulassen, sowie mit einer einzigen kurzen Bemerkung über die Blaubandstruktur, die ich ebenso eingehend behandelt habe, äußert sich Richter zum Schlusse seiner Besprechung, er könne sich meinen Aufstellungen über die Eisstruktur nicht anschließen. Sonst finde ich nur noch die Bemerkung (S. 135), „es handelt sich gegenwärtig meines Erachtens darum, genauer zu untersuchen, ob die Verschiedenheiten des Eises nach Korngröße, optischer Orientierung u. s. w., die sich parallel den Schmutzschichten bemerkbar machen sollen, thatsächlich überall vorhanden und durch Druck erklärbar sind.“ Richter findet kein Wort dafür, daß über diese Dinge ein umfangreiches Material von mir mitgeteilt ist, und unterläßt jede Prüfung desselben. Es ist selbstverständlich nicht zu verlangen, daß alle Einzelheiten eines umfangreichen Werkes in einer Besprechung behandelt werden. Das Verfahren jedoch, eine wichtige, immer wieder in ihrer Bedeutung für das Ganze hervorgehobene Gruppe von Beobachtungen und Erörterungen auf Grund einer anders aufgebauten Theorie kurzer Hand zu übergehen, muß ich als unberechtigt bezeichnen.

Wenn Richter dabei die Schichtung des Eises nach Finsterwalder's Theorie aus der ursprünglichen Firnschichtung erklärt, so übersieht er, daß der Satz: „Die untersten Schichten, die am Gletscher als die letzten an dessen Ende ausschmelzen, waren nämlich immer die untersten“ bei Finsterwalder's Theorie Voraussetzung ist, während er ihn als Thatsache der Gletscherbewegung auffaßt. Gleich nach dieser Beweisführung spricht Richter denn auch von den Veränderungen, welche in der Schichtung durch die Bewegung entstehen und welche bisweilen so weit gehen, daß von den Jahreslagen des Firnfeldes in der Schichtung der Gletscherzunge nichts mehr erhalten ist. Die ganze Schichtung beruht hier also auch seiner Ansicht nach auf der Bewegung, wie das aus Norwegen herangezogene Beispiel zeigt. Richter braucht nun mit meiner Darstellung nur noch einige Schritte weiterzugehen und zu beachten, daß die Schichten im Inlandeisrand nicht flächenhaft und in natürlicher, durch Aufschüttung bedingter Ordnung auftreten, sondern in einzelnen kleinen alternierend gelagerten Schmitzchen von gleicher Flächenrichtung, die sich in bestimmten Horizonten verdichten, er braucht ferner zu beachten, daß diese Schmutzschichthorizonte mit solchen wechsellagern, in welchen die Luftverteilung eine ganz gleichartige Schichtung bildet, Richter muß endlich berücksichtigen, daß die Kornstruktur in den Schichthorizonten sich stets durch besondere Klarheit und vielfach durch eine regelmässige Anordnung der ein-

zelen Individuen auszeichnet, welche nur durch Verflüssigung und Wiederverfestigung unter Druck erklärt werden kann, — so wird er den Unterschied zwischen Firnschichtung und Gletscherschichtung gewifs anerkennen und meinen Satz, dafs die Schichtung eine Neuordnung der dem Eise beigemengten fremden Bestandteile darstellt, die auf Druck und Regelation beruht, unterschreiben, zumal er schon an dem norwegischen Beispiel ersehen kann, wie wenig von der ursprünglichen Schichtung in der Gletscherzunge erhalten ist. Bei den gröfseren und weiter ausgedehnten Bewegungsvorgängen in Grönland bleibt noch weniger davon übrig. Richter wird dann auch die Aufbiegung der Schichten im Ujarartorsuakgletscher (Band I, Abbildung 54), welche er als durch Finsterwalder's Theorie erschöpfend erklärt ansieht, mit den durch eine abgestorbene Gletscherzunge ausgeübten Druckverhältnissen und so mit meiner Ansicht in demselben Einklang finden, wie die nicht emporgebogenen Schichten des Komegletschers (Tafel 39) oder die sattelförmige Biegung an einer anderen Stelle desselben (Abbildung 34) oder die durch Zusammenflufs verschiedener Gletscher mannigfaltig gebogenen Schichten des Asakak (Tafel 38). Ob der Kryokonithorizont der Eisoberfläche mit der Schichtung etwas zu thun hat, was Richter für gewifs irrig erklärt, oder ob er nicht doch in das Innere gelangen kann, werde ich sogleich erörtern; hierin liegt wohl der eigentliche Kernpunkt, weshalb Richter meine Erklärung der Schichtung des Grönlandeises ablehnt, da ihn seine sonstigen Mittheilungen über den Einflufs der Bewegung unmittelbar zu meiner Ansicht hinführen müfsten.

Von meinen Argumenten für die Entstehung der Blaubänder durch Druck, welche Richter noch nicht für geklärt hält, beachtet er nur das eine, nämlich die Richtung. Ich füge deshalb die anderen Gründe auch hier kurz hinzu, welche meiner Ansicht nach gegen Emden's Erklärung der Blaubänder aus den Wasserläufen und für die Erklärung durch Druck sprechen. Es sind das: die Geselligkeit des Auftretens in derselben Richtung, die Veränderungen an Form und Lage an derselben Stelle, das ununterbrochene Fortschreiten über Hügel und Spalten, Buckel und Mulden, die Durchkreuzung von Kryokonitlöchern und Wasserlachen, das Auskeilen an den Enden, der absolut geradlinige und parallele Verlauf. Alles dieses läfst sich mit dem Charakter der Wasserläufe des Eises nicht vereinigen, man müfste denn für diese eine Regelmäfsigkeit und eine Unbedingtheit von dem Untergrunde annehmen, welche sie besonders bei so buckligen Flächen, wie sie das Eis hat, nun und nimmer besitzen (Band I, S. 79).

#### Ablation und Kryokonit.

Den kurzen zutreffenden Bemerkungen über meine Darstellung der Ablationsverhältnisse nach Zeit und Gröfse, sowie der Entstehung und Umbildung der Kryokonitlöcher hätte ich nur hinzuzufügen, dafs auch Richter's angeblich ergänzender Zusatz, das Einsinken der Kryokonitlöcher sei eine Wirkung der Besonnung, ihre Verflachung aber eine Folge des Windes und der Verdampfung an der Eisoberfläche, vollkommen mit den von mir gegebenen Darstellungen übereinstimmt, indem ich zwischen trockener und feuchter

Ablation unterschieden habe, wovon die erstere im Herbst und Winter nur die Eisoberfläche erniedrigt, die letztere im Sommer außerdem auch die Kryokonitlöcher vertieft.

Richter wendet sich sodann, wie mir scheinen will, zu dem Kernpunkt seiner Ausstellungen, indem er meine Ansicht, daß der Kryokonithorizont ein Zeichen für den Rückzug des Inlandeises ist, für ein Versehen oder eine Verwechslung der technischen Ausdrücke Rückgang und Abschmelzung erklärt. „Ein Abtrag der Oberfläche,“ so bemerkt er, „erfolgt auch bei einem vorgehenden Gletscher; es handelt sich nur darum, ob die innere Zufuhr oder die äußere Abschmelzung überwiegt. Wenn das Inlandeis auch im raschen Vorgang wäre, so würden doch die Staublöcher nicht aufhören sich zu bilden. Erst wenn das Abschmelzungsgebiet in das Sammelgebiet einbezogen würde, müßte der Kryokonithorizont verschwinden, d. h. er würde vom Firnzuwachs zugedeckt werden. Wenn man sich aber vorstellt, daß der ganze Streifen Inlandeis, der jetzt Staublöcher trägt, Sammelgebiet würde, so wäre das nicht ein Vorstofs, sondern eine neue Eiszeit.“ Und ferner: „Es hat fast den Anschein, als stelle sich Drygalski das Eintreten einer Vorstofsperiode so vor, daß die Eiszunge oder das Abschmelzungsgebiet selbst mit neuen dauernden Schneeschichten überlagert wird, während doch nur die innere Zufuhr aus dem Sammelgebiet wächst und dessen Grenzen nur ganz wenig abwärts rücken.“

Richter hat hier meine Ansichten über das Inlandeis vollkommen richtig wiedergegeben; bei seinem Widerspruch dagegen aber unterscheidet er nicht zwischen dem Inlandeise Grönlands und den Gletschern der Alpen, und daher ist derselbe irrig. Das Inlandeis ist eben Nähr- und Abflussgebiet zugleich. Schon Rink sagt: „Gletscher sind nur die Ausläufer des Hochlandeises zu Thal, und in ihnen vereinigen sich vereiste Schneemengen zu einer Bewegung, deren Hauptgrund in der Neigung der Unterlage liegt und unter allen Umständen zum großen Teil eine Wirkung des Schwundes ist; die Bewegung der Eisströme dagegen geschieht mitten in einer für das Aussehen einförmigen Masse mit gleichmäßiger Oberfläche, eben dem Inlandeise. Doch der größte Unterschied besteht in der Intensität der Bewegung und in der gewaltigen Produktion von Eisbergen, welche den Inlandeisströmen eigen ist.“ In dieser Anschauung sind Rink alle Kenner des Inlandeises gefolgt. Wir haben in Grönland nicht nur dann eine neue Eiszeit, wenn der heute abschmelzende Randstreifen des Inlandeises Sammelgebiet würde, sondern eine Eiszeit besteht in Grönland auch jetzt, und eine Bedeckung des Randstreifens mit Schnee ergibt nur eine Oscillation dieser Eiszeit. Es handelt sich dort nicht um Firngebiet und Gletscherzunge, wie in den Alpen, deren Scheidelinie bei einer Steigerung der Niederschläge ganz wenig abwärts rückt und die auch orographisch von einander getrennt sind, sondern es handelt sich in Grönland unter ganz gleichmäßigen orographischen Bedingungen um eine einheitliche Masse, innerhalb welcher sich die Abfuhr durch Bewegung an den Stellen der größten Mächtigkeit und des geringsten Widerstandes entwickelt. Gewiß erfolgt die Haupternährung aus dem Innern her und ist von mir selbst näher an die Ost- als an die Westküste verlegt worden. Trotzdem nimmt der bei weitem

größte Teil des Inlandeises fast bis zur Westküste hinab auch heute an der Ernährung teil, gleich wie sich die Abfuhr in allen Teilen des Inlandeises entwickelt. Das heutige Klima hat die Schneegrenze auf das Inlandeis bis zur Höhe zwischen 700 und 800 m hinaufgerückt und dadurch einen schmalen Randstreifen zu einem Gebiet der überwiegenden Ablation gemacht, den man gegenüber den Gegenden der Ostküste und des Innern als das Endgebiet der Vereisung oder als Zunge auffassen kann. Eine geringe Steigerung der eiszzeitlichen Bedingungen würde jedoch auch diesen Randstreifen wieder mit Schnee überdecken und so in das Nährgebiet einbeziehen, von dem er durch äußere Formen gar nicht getrennt ist. Während die freiliegende Oberfläche des Inlandeises heute im Sommer schneefrei wird, bleiben an anderen Stellen große Flächen mit Schnee- und Thaleisbildungen bis zum Meeresspiegel abwärts dauernd erhalten.

Auf dieser Grundlage ist es nicht ganz unzulässig, wie Richter meint, sondern sogar geboten, die Wechsellagerung von weiß durch Luft- oder schwarz durch Schmutzbeimengungen geschichtetem Eis im Randgebiet mit den Kryokonithorizonten und ihrer möglichen Überlagerung durch reines Eis in Verbindung zu bringen, zumal wenn man den Gegensatz zwischen Osten und Westen betrachtet. Eine Steigerung der Niederschläge würde den heutigen Kryokonithorizont mit einer Lage reinen Eises überdecken und damit die Erscheinung von verschiedenartigen Schichthorizonten zur Ausbildung bringen, wie wir sie im Randgebiet sehen. Diese Verhältnisse wollen nicht nach den Ernährungsbedingungen der Alpengletscher beurteilt sein, wo die Ernährung der Zunge allein durch innere Zufuhr aus dem Firngebiet erfolgt, sondern nach den Thatfachen des Inlandeises, auf dessen schwach geneigten Flächen alle schärferen Unterschiede zwischen Nähr- und Abflußgebiet verschwinden, so daß eine neue Periode des Vorganges sich nicht nur in einer stärkeren inneren Zufuhr und der daraus folgenden Kompensation der äußeren Abschmelzung im Randgebiete, sondern in einer Überkleidung dieses selbst äußern würde. In diesem Sinne darf ich das Auftreten eines starken Kryokonithorizontes als ein Zeichen für den Rückgang des Eises bezeichnen, zumal ich darauf hingewiesen habe, daß auch die innere Zufuhr den Betrag der äußeren Abschmelzung heute nicht kompensiert (Band I, Seite 240 und 254).

#### Eistemperaturen.

Aus dem Kapitel über die Wärme des Eises führt Richter einzelne Daten an und ebenfalls die allgemeinen Ergebnisse über das geringe Eindringen der Kälte im Winter, welches 30 m Tiefe kaum überschreiten dürfte, und über die durchgehende Erwärmung des Eises auf 0° in den Sommermonaten, welche wesentlich daher rührt, daß die Wärme nicht allein wie die Kälte durch Leitung verbreitet, sondern auch durch Wassermassen verfrachtet wird. Die Temperaturbeobachtungen in der Eisdecke eines gefrierenden Sees erörtert Richter nicht. Aus denselben geht unter anderem hervor, welchen großen Einfluß der Gefrierprozeß für die Durchwärmung des Eises besitzt und wie infolgedessen die Schichtenbildungen wesentlich

dazu beitragen müssen, das Inlandeis zu durchwärmen und die Temperatur zu verbreiten, welche zur Erhaltung der Bewegungsfähigkeit durch innere Verflüssigungen notwendig ist. Diese Beobachtungen sind für meine Entwicklung der Regelationstheorie ebenso grundlegend wie die von Richter ebenfalls nicht erörterten Strukturverhältnisse in gefrierenden Gewässern, welche zur Erklärung der Schichtung durch Druckverflüssigung und Regelation führen. Ohne Beachtung dieser Darlegungen müssen wesentliche Teile der von mir entwickelten Ansichten über die Bewegung des Eises unverständlich bleiben.

Wassertemperaturen, deren Mitteilung Richter vermisst, sind gemessen und auch gelegentlich mitgeteilt worden. Dieselben lagen unterhalb der gefrierenden Eisdecken ausnahmslos bei der Gefriertemperatur des Süßwasser- bzw. Fjordeises.

### Eisbergbildung und Kalben.

Richter stimmt meiner Darstellung der Eisbergbildung durch Auftrieb des Wassers, um der Autopsie ihr Recht zu wahren, zu, nicht ohne vorher Zweifel geäußert zu haben, wodurch das Niederdrücken der vordersten Ranteile veranlaßt sein soll, und nicht ohne die Ansicht, daß das Abbröckeln kleiner Teile vom oberen Rande der Anlafs zur Eisbergbildung sein müsse, trotz der mitgeteilten dem widersprechenden Beobachtungen für einleuchtender zu erklären. Bezüglich des ersteren Punktes bemerke ich, daß das Niederdrücken dadurch erfolgt, daß die durch Kohäsion zusammengehaltene Masse sich auf geneigtem Untergrunde von den Gebieten, wo sie ihres Gewichtes wegen noch auf dem Boden liegen kann, in solche tieferen vorschiebt, wo sie aus dem Zusammenhange losgelöst schon schwimmen müßte. Die niedergedrückten Eiszungen sind von mir eingehend erörtert und auch abgebildet worden; es handelt sich nur um geringe Strecken, in welchen die Kohäsion des Eises dem Auftrieb des Wassers Widerstand leisten kann, wie bei einem schräge ins Wasser hinein geschobenen Brett. Was den zweiten Punkt betrifft, so darf ich wohl auf die im Grünlandwerk mitgeteilten Beobachtungen verweisen, welche einen Zusammenhang der Kalbungen weder mit den Niederbrüchen vom oberen Rand noch mit Hochwasser noch mit anderen Nebenumständen erkennen lassen, sondern darthun, daß die Heftigkeit der Bewegung, welche große Eismassen schnell in tiefes Wasser hinausschiebt, der wichtigste Anlafs der Kalbungen ist.

Nach einigen wenigen Mitteilungen über die Eisberge nach Form, Zeit, Auftreten u. s. w. bespricht Richter die Gesamtproduktivität des Großen Karajak, die ich auf 41 Millionen Kubikmeter täglich und etwa 15 Kubikmeter jährlich berechnet habe, und kommt zu dem Schluss, daß bei einem jährlichen Eiszuwachs auf dem Nährgebiet von 20 cm ungefähr der 28. Teil des Inlandeises dem Großen Karajak tributär sein müßte, um die von mir berechnete Produktivität zu erklären. „Doch diese Zahl ist noch nicht genügend, denn die Niederschlagsmengen sind schon an der Küste ungemein gering und wohl noch viel geringer im Innern. In dieser Rechnung steckt also irgend ein Fehler.“

Ich möchte hierzu bemerken, daß die Grundlagen für meine Berechnung

der Abfuhr des Grofsen Karajak sicherer sind als die für Richter's Berechnung der Ernährungsverhältnisse, welche er an jene anfügt. Erstere beruhen auf Messungen und sind sicher bis auf die Fjordtiefe am Eisrand, welche der direkten Messung nicht zugänglich war, aber nach den vorliegenden Anhaltspunkten nicht wesentlich falsch geschätzt sein kann. Die Berechnung der Ernährungsverhältnisse dagegen aus dem Eiszuwachs von 20 cm pro Jahr, welche nach Nansen für das südliche Grönland annähernd gilt, ist weit unsicherer und keineswegs geeignet, die angegebene Zahl für die Produktivität des Grofsen Karajak in Frage zu stellen. Weit eher könnte man aus der Gröfse dieser auf die Niederschlagsmenge im Innern einen Schlufs ziehen, da für eine Schätzung derselben der Anhalt fehlt. Übrigens ist die Abfuhr im Karajakgebiet heute thatsächlich gröfser als die Ernährung, da das Inlandeis sich dort zurückzieht, und schliesslich wird das Nährgebiet des Grofsen Karajak wirklich einen sehr erheblichen Teil des ganzen Inlandeises einnehmen, da es viele Eisströme von annähernd gleicher Produktivität nicht giebt. Rink zerlegte das Inlandeis in nur 5 Eisstromsysteme, von denen eines der Grofse Karajak war. Alle diese Erwägungen wirken zusammen, um den Ersatz für die bedeutende Produktivität des Grofsen Karajak, welche aus den Messungen folgt, verständlich zu machen und darzuthun, dafs der von Richter vermutete Fehler jedenfalls nicht in meinem Teil der Rechnung liegt.

#### Klima.

Die Besprechung über Dr. Stade's klimatologische Ergebnisse leitet Richter mit der Bemerkung ein, dafs die Expedition wohl nicht viel Neues bringen konnte, da in Grönland ein gut geleitetes meteorologisches Beobachtungsnetz besteht. Es ist aber zu bedenken, dafs alle sonstigen Beobachtungen an der Meeresküste oder den Fjordmündungen erfolgen, während unsere Station zum ersten Male das Klima im Innern eines Fjordes am Rande des Inlandeises beobachtet hat. Diesem Umstande ist es denn auch zuzuschreiben, wenn die Arbeiten über die Ablation, Regenmenge, Lufttrockenheit u. s. w. Ergebnisse geliefert haben, aus denen man „ein ganz neues Bild des grönländischen Klimas gewinnt“, wie Richter bei Besprechung der Ablation vorher hervorhoben hatte mit der Bemerkung, dafs man dem Buche „für die vielen interessanten Beiträge in dieser Richtung wahrhaft dankbar sein müsse“. Die klimatologischen Arbeiten haben also erreicht, was sie bezweckten konnten auch infolge der reichhaltigen Ausstattung die sonstigen Ergebnisse des meteorologischen Beobachtungsnetzes erweitern.

Die Einzelheiten, welche Richter in diesem Teile seiner Besprechung noch hervorhebt, beziehen sich auf den Unterschied zwischen dem Klima an dem Ausgang und im Hintergrunde der Fjordé, welche er mit den gleichen Erfahrungen aus Norwegen zusammenhält. In Grönland beruht der Unterschied im wesentlichen auf dem Föhn, über dessen Natur von Richter noch Einzelheiten angeführt werden.

#### Geologie und Allgemeines.

Richter teilt meine Ansichten über die Rolle, welche Verwitterung, Wasser- und Eiswirkung bei der Entstehung der heutigen Oberfläche gespielt

haben, wie ich sie schon bei früheren Gelegenheiten in der Zeitschrift und den Verhandlungen der Berliner Gesellschaft für Erdkunde, sowie in der Richthofen-Festschrift niedergelegt hatte und jetzt im Grönlandwerk ausführlicher darstelle. Zu meiner Freude durfte ich schon früher entnehmen, daß dieser Teil meiner Arbeiten durch Richter's eigene Erfahrungen in Skandinavien, wie er sie in seinen geomorphologischen Studien dann niedergelegt hat, Bestätigung gefunden hätte und gewissermaßen zu deren Entwicklung beitragen konnte. Die Eisbedeckung hat in hohem Grade die Oberflächenformen beeinflusst, sie hat sie aber nicht ausschließlich geschaffen; die innere Auflockerung des Materials durch Klüfte und Verwitterung, die ich eingehend geschildert habe, hat der Glacialerosion die Wege gewiesen.

Eine präglaciale Thalbildung, deren Erörterung Richter bei mir vermisst, kann gewiß stattgefunden haben, ist jedoch heute nicht mehr nachweisbar, soweit sie durch präglaciale Wassererosion veranlaßt sein soll. Da ich bei den tieferen Fjord- und Thalbildungen die Beteiligung von Dislokationen als wahrscheinlich hingestellt habe, würde es darauf ankommen, das Alter dieser nachzuweisen, um über die Zeit der ersten Thalanlagen Aufschluß zu gewinnen. Dafür fehlen genauere Anhaltspunkte. Es ist indessen mit Sicherheit anzunehmen, daß die Dislokationen präglacial sind, da einige der durch sie geschaffenen Formen schon vom Eise durchmessen worden sind und weil das Hereinbrechen des Eises die Entstehung solcher Dislokationen begünstigt, wie ich dargelegt habe. In diesem Sinne giebt es also zweifellos präglaciale Thalsysteme in Grönland, gleichwie ich keinen Grund sehe, weshalb man nicht eine Vorbereitung der heutigen Oberflächenformen durch eine präglaciale Erosion annehmen soll, zumal es wahrscheinlich ist, daß es vor der Eiszeit in Grönland eine Periode stärkerer Erosion gab. Trotzdem bleibt mein Satz bestehen, daß bei solchen Formen, wie dem von mir geschilderten typischen Fjordthal, dem viele andere gleichen, nur ein sehr kleiner Teil der heutigen Gestalt durch Wassererosion gebildet sein kann, weil der weitaus größte Teil der heutigen Charaktereigentümlichkeiten sichtlich von anderen Agentien, namentlich Verwitterung und Eisbewegung, herrührt und weil die Wassererosion bei solchen Formen gar keinen Raum zur Entwicklung haben konnte.

Richter schließt seine Besprechung mit dem Ausdruck der Überraschung darüber, daß ich die Frage nach der ersten Entstehung des Inlandeises unentschieden liefse und mich nicht zwischen der Auffassung Rink's, welcher die Möglichkeit der Entstehung dieser Eisüberschwemmung als einer durch Ausfrieren der Stromsysteme von unten nach oben wachsenden Tiefeisbildung im Auge hat, und der anderen Ansicht, welche das Inlandeis als eine Hocheisbildung, also als zusammengeschweifste Gletscher erklärt, mit Bestimmtheit für die letztere entschiede. Richter meint, daß gerade meine Untersuchungen für die letztere Ansicht entscheidend gewesen wären und daß man deshalb an dem Wesen des Inlandeises nicht mehr zweifeln solle. Auch setzten ausfrierende Bäche, welche mächtige Thaleisdecken zu einer allgemeinen Eisüberschwemmung im Sinne Rink's vereinigen könnten, schon das Vorhandensein von Gletschern voraus, die im Winter Wasser liefern.

Das letztere ist nicht zutreffend, da es in dem Küstengürtel Grönlands auch Bäche mit starken Thaleisbildungen giebt, die keinen Gletschern entstammen, wie schon von Rink berichtet und auch von mir dargelegt wurde. Dann aber möchte ich darauf hinweisen, daß eine Unentschiedenheit über die Entstehung des Inlandeises bei mir nicht besteht. Ich spreche es (Band I, S. 504) deutlich aus, daß ich das Inlandeis für eine aus Schneeeis und Wassereis kombinierte Bildung halte, indem sich hier zwei Eisarten von ganz gleicher Struktur und unter denselben äußeren Bedingungen von ganz gleichem Verhalten zu einer einheitlichen Masse vereint haben. Wegen der Gleichheit ihrer Kornstruktur sind diese beiden Eisarten nach ihrer Verbindung nicht mehr von einander zu unterscheiden. Wegen des Verhältnisses des Inlandeises zu den Landformen meine ich ferner, daß es der Hauptmasse nach eine Bildung der Höhe ist (Seite 510), welche der östlichen Seite des Landes entstammt. Ich glaube indessen ebenso, daß Thaleisbildungen an seiner Entstehung beteiligt sind, weil sich solche noch heute in unmittelbarer Nachbarschaft der Gletscher bilden und erhalten und bei einem Vorstoß derselben vollkommen mit ihnen verschmelzen würden (Seite 504). Dabei kann das Inlandeis nach seiner Struktur, seiner Bewegungsart und seinem ganzen Verhalten ein echter und rechter Gletscher bleiben, immer mit dem Unterschied, daß es keine Scheidung zwischen Nähr- und Abflußgebiet giebt und die Bewegung der Eisströme sich innerhalb der für das Aussehen gleichförmigen Masse entwickelt. Der Umstand, daß die Hauptmasse den östlichen Teilen des Landes entstammt und daß sein Westrand diesen gegenüber heute die Rolle einer Gletscherzunge vertritt, beeinflusst diese Verhältnisse nicht.

Auch mir sei zum Schluß ein Gesamturteil über Richter's Besprechung des Grönlandwerkes gestattet. Die Differenzen, welche er gegenüber meinen Aufstellungen betont, liegen einmal daran, daß Richter bei der Beurteilung des Inlandeises stets die alpinen Anschauungen zu Grunde legt und die größeren Verhältnisse in diese einzuengen bemüht ist. Dazu kommt, daß er wesentliche Erscheinungen auf der Basis von Finsterwalder's geometrischer Theorie betrachtet, mit der sie sich aus den eingangs erwähnten Gründen nicht vereinigen lassen, weil sie das Vorhandensein von Verflüssigungen und Wiederverfestigungen, von denen diese Theorie absieht, zeigen oder deren Folge bilden. Endlich ist es nicht möglich, meinen Darlegungen zu folgen, ohne auch deren fundamentale Grundlagen in den Strukturverhältnissen und den Wärmeumsätzen mit zu betrachten. Erst eine Prüfung der hierher gehörigen Beobachtungen und Erörterungen wird eine Beurteilung meiner Aufstellungen über die Bewegung und die Struktur des Eises ermöglichen können, da sie wesentlich dazu beigetragen haben, meine Ansichten zu bilden und zu begründen. Wenn auch Richter's S. 272 Zeile 8 citierter Satz hoffen läßt, daß eine Prüfung dieser Verhältnisse noch erfolgen wird, so muß ich doch das Verfahren, vorher das von mir hierzu schon mitgeteilte umfangreiche Material zu übergehen und die daraus gezogenen Schlüsse abzulehnen, als unberechtigt zurückweisen.

---