

Die Vereisung von Meeresräumen, ihre Möglichkeiten, Entwicklung und Wirkung

Autor(en): **Drygalski, E. v.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali**

Band (Jahr): **93 (1910)**

PDF erstellt am: **15.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-90185>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Vereisung von Meeresräumen, ihre Möglichkeiten, Entwicklung und Wirkung.

Von

Dr. *E. v. Drygalski*,

Professor an der Universität München.

Die früheren Vereisungen der Länder sind häufig erörtert worden. Man hat sie zunächst aus ihren Wirkungen erkannt und dann durch das Studium von Gletschern und polaren Inlandeismassen auch in ihrem Wesen erklärt. Gletscher, Inlandeis und Eiszeit sind uns heute vertraute Begriffe und ich brauche in diesem Kreise, dem es wie keinem andern vergönnt war, diese Frage zu klären, nicht daran zu erinnern. Die eigentlichen Ursachen einer Eiszeit sind uns freilich noch in Dunkel gehüllt, doch wir wissen, dass hohe und ausgedehnte Länder zu ihrer Entwicklung gehören. Nur auf diesen können sich Gletscher und durch deren Zusammenschluss eine Eisüberschwemmung, also ein Inlandeis bilden. Neuerdings wird auch der Einfluss der verschiedenen Gesteine auf die Entwicklung einer Vereisung erörtert. Doch die Frage, ob die Gesteine an sich verschieden vereisen oder nur deshalb, weil sie verschiedene Landformen bilden, ist noch nicht völlig geklärt. Wie dem auch sei, Wesen und Wirken einer Eiszeit des Landes ist uns im grossen und ganzen bekannt.

Nicht das Gleiche gilt von der *Vereisung der Meere* und das liegt wohl grösstenteils daran, dass wir auf den Meeresböden nicht oder doch nur selten eiszeitliche Wirkungen beobachten können. So sprechen wir von einer Vereisung der tiefen Norwegischen Fjorde oder der Ost-

und Nordsee oder der Davisstrasse und Baffins-Bai oder gar der Meere um die Antarktis, doch mehr deshalb, weil gleichartige glaciale Bildungen diesseits und jenseits dieser Meere gefunden oder vermutet worden sind, als weil wir von ihrer Vereisung etwas Bestimmtes wissen. Vereiste Meere sind uns ein Bindeglied zwischen vereisten Ländern, dessen wir bedürfen, um die Erscheinungen der Länder zu erklären, und wir setzen die gleichen oder ähnliche Bedingungen und Gesetze der Eiszeit wie auf den Ländern auch für die Meere voraus, weil wir sie an ihren Ufern finden, also z. B. für die Ostsee, weil entsprechende Glacialbildungen in Skandinavien und in Norddeutschland vorhanden sind.

Und doch muss eine Eiszeit im Meere naturgemäss ganz anders sein und wirken, als auf dem Lande, weil das Eis darin nicht strömt, sondern schwimmt. Nur in flachen Meeren strömt es wie auf dem Lande, nämlich solange es das Wasser verdrängen kann. Geht die Tiefe aber bis auf $\frac{4}{5}$ oder $\frac{5}{6}$ der Eisdicke hinauf, dann wird das Eis vom Wasser gehoben und schwimmt. In der Regel wird es dann auch zerbrochen und in Eisberge aufgelöst werden, geht also seines Zusammenhanges verlustig. Damit entfällt aber zunächst jede aktive Beeinflussung des Bodens durch Erosion und Transport; an die Stelle bestimmt geordneter Moränenzüge z. B. müssen ungeordnete Schuttstreuungen treten, von Schliffen und Schrammen am Boden kann überhaupt nicht mehr die Rede sein u. s. f. Diese Unterschiede bedürfen keiner Erläuterung.

Wenn man nun trotz dieser Verschiedenheiten auch tiefe Meere vom Eise durchmessen und an ihren Gegengestaden von ihm gestaltet denkt, so möchte ich die Berechtigung oder richtiger den Grund hierfür wesentlich in zwei Momenten erblicken.

Einmal weisen früher vereiste Erdräume in der Regel auch Spuren von *Strandverschiebungen* auf und zweitens hat man die *Mächtigkeit* der diluvialen wie der heutigen

Eismassen vielfach überschätzt. Das erste Moment gibt nicht immer, aber mehrfach das Recht, Meeresräume trotz ihrer heutigen Tiefe durchströmt zu denken, wenn sie nämlich früher flacher waren, das zweite, die Ueberschätzung der Mächtigkeit des Eises, ist ein Grund, warum man auch in der Annahme eines Durchströmens tiefer Meere bis auf die Gegengestade hinauf vielfach keine Schwierigkeit sah. Wenn z. B. Grönlands Inlandeis 2000 m Mächtigkeit hätte, könnte es ein Meer von 1500 m Tiefe durchströmen und die Davisstrasse wäre dann kein Hindernis, die glacialen Bildungen Nordamerikas aus Grönland herzuleiten. Wahrscheinlich hat es aber auch in der Eiszeit nicht diese Dicke gehabt, wie uns jetzt wiederum die interessanten Ergebnisse *de Quervains* vermuten lassen. Das Inlandeis der Antarktis, das heute noch grösser ist als das grösste Inlandeis der Eiszeit, hatte am Gaussberg nur etwa 200 m Dicke und in der Eiszeit wohl nicht allzuviel mehr. Es ist also gänzlich ausgeschlossen, dass es die tiefen Ozeane, die es umgeben, früher durchströmt und die Südkontinente erreicht und beeinflusst hat. Man darf selbst dagegen Bedenken äussern, dass in Skandinavien in der Eiszeit alle Fjorde durchströmt werden konnten, wenn sie so tief waren wie heute, sodass die Glättung und Politur der äusseren Schären am Meer vielleicht nur infolge von Niveauschwankungen möglich gewesen ist.

Somit ist in der Annahme vereister Meeresräume Vorsicht geboten und damit auch in der Gleichstellung glacialer Bildungen diesseits und jenseits derselben, und die Frage, wie denn ein Meer wirklich vereist und wie das Eis sich darin verhält, dürfte von Interesse sein. Ich bitte deshalb um die Erlaubnis, hier einige Erfahrungen mitteilen zu dürfen, die aus den Polargebieten herrühren und sich in der Folge vielleicht auch auf die Vereisung unserer heimischen Meere anwenden lassen.

Das Eis der Polarmeere besteht aus Landeis und Meer-eis. Jenes stammt von den Gletschern und Inlandeismassen

der Polarlande her und zwar im Norden fast ausschliesslich von Grönland und im Süden vom antarktischen Kontinent, dieses, das Meereis, bildet sich auf den Meeren selbst. Ursprünglich unterscheiden sich diese beiden Eisarten durch ihre Form und ihre Struktur. Der Form nach bildet das Landeis im Meere Berge, das Meereis Schollen. Der Struktur nach ist jenes körnig, weil es aus Schnee hervorgeht, dieses blättrig, weil es durch das Gefrieren von Meerwasser entsteht. Indessen vermischen sich beide Unterschiede bald. Denn die Schollen werden gepackt und auch das Meereis bildet dann kleine Berge wie das Landeis. Die Schollen werden auch von Schnee belastet und durch dessen Vereisung vermehrt, und sind dann körnig, ebenfalls wie das Landeis. Man wird also bei älterem Eise im Meer sehr achtsam sein müssen, um Landeis und Meereis zu unterscheiden.

Das Vorkommen dieser beiden Eisarten in den Meeren lässt sich kurz dahin angeben, dass im Süden stets Landeis und Meereis gemischt ist, während in den nördlichen Meeren das Meereis weit überwiegt und eigentlich nur an den Küsten Grönlands mit Landeis durchmengt wird. Das liegt natürlich an der Verteilung von Land und Wasser in den beiden Hemisphären. Im Süden ist man überall auf Land gestossen, wo man auch vordrang. Deshalb wird man auch im ganzen Umkreis um die Antarktis im Meere abgestossenem schwimmendem Landeis begegnen. Im Norden werden eigentlich nur in Grönland grösse Eisberge, die sich im Meere halten, erzeugt. Alle andern Nordpolarlande kommen hierfür gar nicht oder nur sehr unbedeutend in Betracht. Deshalb überwiegt im Nordpolarbecken, von den Küsten Grönlands abgesehen, das Meereis.

Von den horizontalen Grenzen des Polareises im Meere will ich nicht weiter sprechen. Sie hängen von den Grenzen der Polarlande ab und schwanken mit Strömungen und Winden, haben aber im grossen und ganzen eine gewisse Mittellage, wie sie in unsern Atlanten festgelegt worden

ist. Aufgefallen ist mir, zuletzt auf einer Spitzbergenfahrt dieses Sommers, dass die Grenzen im Norden schärfer sind als im Süden, was mit dem Vordringen warmer Meeresströmungen bis zum Nordpolareis in Zusammenhang stehen wird. Das Südpolareis ist in grosser Breite von kalten Strömungen umgeben, in welchen sich abgestossene Eiskomplexe länger halten können, als in den wärmeren des Nordens. Deshalb muss man in den südlichen Meeren früheren und grösseren Vorboten des Polareises begegnen als in den nördlichen, und der Eisrand wird im Süden unbestimmter und ausgefaserter sein als im Norden.

Wichtiger als diese horizontalen Grenzen für die Frage der Auseisung von Meeresräumen sind die *vertikalen Grenzen des Polareises im Meer*, da von deren Ausdehnung die Möglichkeit der völligen Vereisung eines Meeres abhängt. Ueber diese Grenzen, also über die Ausdehnung des Eises zur Tiefe, hat man sich vielfach falsche Vorstellungen gemacht. So glaubte man früher, dass auch die Eisberge im Meere entstehen, indem die Schollen durch Frost und durch Schneebelastung immer weiter wachsen. In diesem Falle wäre eine Tiefengrenze allerdings nicht abzusehen, und man hat sich in der Tat früher vorgestellt, dass ein kaltes Meer durch Entwicklung der Schollen zu Bergen und durch deren Weiterbildung völlig auseisen könne.

Dem ist aber nicht so. Freilich können auch im Meere Eisberge entstehen, nämlich durch Schneewehen, die vereisen, oder durch Eislawinen, die wieder zusammengekittet werden. Doch werden alle diese Bildungen, so mannigfaltig sie auch sind, niemals die Dimensionen grösserer Eisberge erreichen; denn die Schneewehen bilden sich auf festen Meereisdecken im Schutze von Eisbergen, die darin eingeschlossen sind, haben dann also höchstens das Ausmass des über dem Wasser befindlichen Teils dieser Berge, also ihres kleinsten Teils oder wenig mehr, und Eislawinen entstehen durch Bruch, also aus Teilen der Berge. Beide Arten müssen also immer weit unter den Dimensionen der Berge selbst

bleiben. Die grossen Berge aber, die vom Lande herkommen, wachsen im Meere an Höhe nicht weiter, wie ich mich oft überzeugen konnte. Das liegt an ihrer freien Lage innerhalb der niedrigeren Schollen, die einen Schneeansatz auf der Oberfläche bei den heftigen Winden nicht aufkommen lässt. Auf dem antarktischen Inlandeise fand sich ein Fortwachsen der Dicke durch Schnee bis zum äussersten Rand, doch an den Eisbergen unmittelbar davor nicht mehr. Sie erhielten durch Schneewehen seitliche Ansätze, aber keine grössere Dicke, und haben somit höchstens die Mächtigkeit, die sie früher im Zusammenhang mit dem Inlandeis hatten. Diese Dicke reicht aber nicht bis zum Boden des Meeres, denn sonst würde der Eisberg sich nicht gebildet haben. Er bricht bekanntlich dort von Inlandeis los, wo dieses, wenn es ins Meer hinausströmt, den Boden verliert.

Somit kann von einer Auseisung der Meeresräume durch die Eisberge und ihre Entwicklung nicht die Rede sein. Sie schwimmen und reichen nicht bis zum Grund, können also ein Meer auch nicht völlig erfüllen, und noch weniger können es die kleinen Eisberge, die im Schutz der grossen oder durch ihre Zerstörung im Meer entstehen.

Auch die andere Frage, *ob ein Meer durch Schollenwachstum vereisen kann*, ist zu verneinen. Die Schollen wachsen durch Frost und durch Belastung mit Schnee. Lediglich durch Frost können im Laufe des Jahres Schollen wohl von höchstens 2 m Dicke entstehen. Im zweiten Winter wachsen sie weiter, doch schon langsamer, und noch langsamer im dritten. Der Maximalbetrag des Wachstums einer Scholle durch Frost ist schwer anzugeben, dürfte aber 3 bis 4 m kaum übersteigen.

Wirksamer ist das Wachstum der Schollen durch Schneebelastung, das im Gegensatz zu den Bergen überall statt hat, weil die Schollen nicht so hoch und frei liegen, wie die Berge, sodass der Schnee sich auf ihnen besser halten kann, und weil ihre Oberfläche infolge von Pressung, Packung und Aufrichtung niemals eben ist, sodass der

Treibschnee stets Schutz und Möglichkeiten zum Ansatz findet.

Das Wachstum der Schollen durch Schneebelastung kann deshalb weiter gehen als durch Frost. Es erfolgt nicht gleichmässig, weil der Schnee im Winde nicht gleichmässig fällt und auch noch nach dem Falle durch den Wind wieder ausgefurcht wird. So bilden sich Schneewellen und Dünen, Sastrugi genannt, von der verschiedensten Stärke und Form. Auf dem Eisfeld, in welchem das deutsche Südpolarschiff „Gauss“ fast ein Jahr hindurch fest eingeschlossen lag, zogen sie der herrschenden Windrichtung entsprechend alle von Osten nach Westen, hatten aber sehr verschiedene Dicke, sodass dieses Eisfeld dadurch Mächtigkeiten zwischen 6 m und 20 m erreichte. Viel weiter dürfte ein Schollenfeld auf diesem Wege auch nicht anwachsen können. Jedenfalls bleibt es immer weit hinter der Dicke der Berge zurück und kann deshalb ein Meer noch weniger völlig erfüllen, als diese. Nur unmittelbar am Lande, am Nordhang des Gaussbergs, habe ich gesehen, dass das Scholleneis bis zum Boden hin wuchs, doch handelte es sich dort nur um Tiefen von wenigen Metern.

Im tiefen Wasser ist seinem Wachstum dadurch eine Grenze gestellt, dass es unten abschmilzt, wenn es durch Belastung von oben her wächst und so herabgedrückt wird. Ich konnte hierüber Beobachtungen gewinnen, die ich noch nicht völlig geordnet habe, die jedoch u. a. zeigen, dass die untersten Teile des Scholleneises seitlich auseinander fliessen, je tiefer es eintaucht. Sie werden durch den mit der Eintauchtiefe wachsenden hydrostatischen Druck auseinander gepresst, ähnlich, wie man es aus andern Gründen in den untersten Lagen eines Gletschers beobachten kann. So liegt die Grenze des Schollenwachstums nicht allein infolge von Schmelzung, sondern auch infolge von Bewegungsvorgängen an der Unterfläche verhältnismässig bald, sodass die Schollen keine Dicke erreichen, welche für Auseisung eines Meeresraums auch nur annähernd in

Betracht kommt. Das gleiche gilt für Schollenpackungen, also für mechanische Verdickungen des Meereises.

Wenn es nun trotzdem vereiste Meeresräume gibt und in der Vorzeit gegeben hat, so liegt das wesentlich an *Stauungen*, die einmal auf den *Umrissen des Landes* und zweitens auf den *vertikalen Formen des Meeresbodens* beruhen.

Die erste Art ist von der Ostküste Grönlands her bekannt geworden. Das Inlandeis strömt dort durch viele Fjorde ins Meer und bildet in ihnen seine Berge. Diese können stellenweise nicht forttreiben, weil der Küste Inseln vorliegen, die sie zurückhalten. So wird nach und nach der ganze Meeresraum zwischen den Inseln und den Inlandeisrändern mit Bergen erfüllt, und es entstehen schwimmende Eiskomplexe, die völlig dem Inlandeis gleichen sollen und neuerdings als schwimmende Inlandeisungen geschildert worden sind. Auch im Südpolargebiet kommen solche Bildungen vor. Die von *O. Nordenskiöld* geschilderte Eisterrasse an der Ostseite des Graham-Landes könnte dazu gehören, und eine frühere vollständige Vereisung der tiefen Norwegischen Fjorde dürften auch in dieser Weise zu verstehen sein.

Die zweite Art von Meeresvereisungen beruht auf den vertikalen Formen des Meerbodens. Sie wurde von der deutschen Südpolarexpedition nördlich vom Gaussberg gefunden und neuerdings von mir als das Schelfeis der Antarktis am Gaussberg beschrieben.¹⁾ Der Name Schelfeis wurde gewählt, weil auch diese Art nur in den flacheren Meeren, wie sie auf den kontinentalen Schelfen liegen, auftreten kann. Sie kommt dort zustande, wo der Schelf, also der vom Meer überflutete Teil des Kontinentalplateaus zwischen der Küste und der steileren Kontinentalböschung zur Tiefsee nicht gleichmässig geneigt ist, sondern auf-

¹⁾ Sitzungsberichte der K. Bayer. Ak. d. Wiss. Math. phys. Kl. 1910, 9. Abhandlung.

und absteigt. So senkt sich der Schelf des antarktischen Kontinents vom Inlandeisrande am Gaussberg nach Norden, wo er 200 m Tiefe hat, bis auf etwa 600 m, um dann schnell zu 2000 bis 3000 m Tiefe abzustürzen. Er hat dabei aber zahlreiche Bänke, die nur wenig über 100 m Tiefe besitzen, sodass die vom Inlandeisrande in 200 m Tiefe losbrechenden und forttreibenden Eisberge auf ihnen von neuem festkommen. Wir fanden mehrere Eisberggruppen, bei welchen die Lotungen zeigten, dass sie fest sassen, und andere, bei denen man die feste Lage aus den Formen des Eises erkannte. Um sie herum lagen schwimmende Berg- und Schollenkomplexe.

Diese festsitzenden Berge und Berggruppen wirken wie Pfeiler, welche die schwimmenden Eismassen stützen und halten. Das Scholleneisfeld, welches das Winterlager unseres Schiffes umschloss, wurde in dieser Weise fast ein Jahr hindurch ganz unverrückbar gehalten, so fest, dass wir auch die feinsten geophysischen Messungen, z. B. Schwerkräftsbeobachtungen, darauf ausführen konnten und allen Grund hatten, unsere Befreiung daraus nach Ablauf eines Jahres als sehr unwahrscheinlich zu betrachten. Tatsächlich wurde sie auch nur durch äussere Eingriffe und durch Zufall erwirkt. Ich kannte aber auch Felder ganz in der Nähe unseres Winterlagers, welche in derselben Weise schon Jahre und Jahrzehnte gehalten wurden; sie bildeten nördlich vom Gaussberg in Summa einen solchen Schelfeiskomplex von etwa 100 km Länge und wenigstens 60 km Breite, also wenigstens von 6000 qkm Areal.

Eine solche Meeresvereisung schwimmt also und wird nur durch einzelne Stützpunkte gehalten. Nur diese liegen auf Grund, alles andere hebt und senkt sich mit Flut und Ebbe. Man erkennt die Stützpunkte daran, dass sie von Spalten umgeben werden, die offen bleiben, weil die schwimmenden Eismassen sich an den festen auf und nieder bewegen. Bei der Bewegung von der Flut zur Ebbe bleibt dabei immer etwas Wasser an den Pfeilern haften und ge-

friert. So baut sich nach und nach der sogenannte Eisfuss um die Pfeiler herum. Die Spalten umgrenzen ihn.

Diesen regelmässig vertikalen Bewegungen der grössten Teile des Schelfeises in Ebbe und Flut, welche sich um die Pfeiler herum so gleichmässig vollziehen, dass man sie kaum spürt, steht ein fast vollständiger *Mangel an horizontalen Verschiebungen* gegenüber. Das Schelfeis ist an seinen Ort gebannt. Nur wo höher aufragende Teile desselben, also wesentlich seine Eisberge, vom Winde erfasst und stärker gedrückt werden, als die niedrigeren Schollen, oder, wo am Inlandeisrand neue Berge entstehen und sich ins Schelfeis eindrängen, erfolgen kleine horizontale Verschiebungen. Spalten sind ihre Folge oder auch Wellungen und Stauungen. Bemerkenswert ist, dass Schollen und Berge im Schelfeis am Gaussberg stellenweise so fest verbunden waren, dass Spalten, ohne ihre Richtung zu ändern, durch Schollen und Berge hindurchrissen. Bisweilen können die Schiebungen zu regelmässigen Wellungen der Schollenfelder des Schelfeises führen. Bisweilen sind letztere dann so gedrängt, dass die Schollen die Höhen niedrigerer Berge erreichen und dass es schwer ist, beide zu unterscheiden.

Von Form und Wesen dieses Schelfeises lassen sich noch viele Einzelheiten berichten, doch würde das hier zu weit führen. Nur eins sei noch erwähnt, nämlich *die Umbildung seiner Formen durch die subaerische Verwitterung*.

Da das Schelfeis schwimmt und nicht strömt, bildet es nämlich keine Gletscherformen und Strukturen mehr, also keine Gletscherspalten, keine Bänder und meist auch keine Schichten. Seine Berge haben diese ursprünglich gehabt, da sie ja vom strömenden Inlandeis herkommen; dieselben werden aber nicht weitergebildet, da das Strömen im Schelfeis aufgehört hat, und gehen deshalb teilweise verloren, z. B. die Spalten. Das Schelfeis ist eben eine tote Masse, die nicht mehr durch die inneren Kräfte der Eigenbewegung gestaltet wird wie der Gletscher, sondern nur noch durch äussere Kräfte und die wichtigste davon liefert

der Wind. Wasser hat man im Klima der Antarktis wenig oder gar nicht, und daher auch nicht die Formen, die durch das Wasser entstehen.

Die *Verwitterung im Winde* schafft vor allem 2 Typen, bei Bergen wie bei Schollen, die ich als *Blaueis und Mürbeis* unterscheiden will. Blaueis liegt von der Küste an bis zu 50 bis 60 km Entfernung, Mürbeis liegt nördlich davon, also weiter draussen, soweit das Schelfeis reicht. Beide gehen aus frischem Eis, also aus neugebildeten Bergen oder neugefrorenen Schollen hervor. Beide unterscheiden sich von diesen durch rundere Formen, die sie beim Liegen an Ort und Stelle durch Verwitterung erhalten. Beide gehen durch einen Mischtypus, den ich Blaumürbeis nenne, ineinander über, der dort liegt, wo das Blaueis in Küstenabstände hinaus gelangt, in denen sonst Mürbeis entsteht. Die Verschiedenheit der Formen beider beruht auf der verschiedenen Art der Verwitterung. *Ich glaube, dass das Blaueis in der Küstennähe wesentlich durch Verdunstung im trockenen Wind und das Mürbeis weiter draussen durch Lockerung des Gefüges unter dem Einfluss feuchterer Winde entsteht.* In der Küstennähe sind die Winde relativ trockener und stärker, als weiter draussen, daher ihre verschiedene Wirkung. Bei beiden Eisarten wirkt die Corrasion durch Treibschnee in den vielen Stürmen mit, um die Ecken und Kanten, welche die frischen Berge und Schollen hatten, zu runden.

Blaueisberge werden so mit der Zeit allseitig sanft abfallende, flache, runde Kuppen, auf die man hinaufgelangt, ohne es zu merken. Häufig ist eine Seite steil geblieben, hat dann aber auch nicht mehr die frische Form von Inlandeismauern, sondern gerundete Ecken und Kanten. Ich sah solche Steilwände in jeder Exposition, ohne Bevorzugung bestimmter Richtungen. Die Oberflächen sind völlig poliert und geglättet, so dass kein Schnee darauf liegen bleibt. Auch die Ränder eingetiefter Luftporen sind abgeschliffen. Kuppen und Abhänge sind oft von Tälern

durchzogen, doch niemals von steilwandigen. Jeder Hang und jede Neigung, gross und klein, ist gemildert und gerundet. Die Blau eisberge erscheinen als die Kerne früherer Tafelberge, bei denen die äusseren, oberen Teile, wo Spalten klafften, fortgeschliffen sind, sodass nur die inneren, wo jene nicht mehr offen hinreichten, sondern schon zu Bändern zusammengedrückt oder ausgefüllt waren, übrig geblieben sind. Hierauf beruht auch die blaue Farbe dieses Eises; es ist dichter und luftärmer als frisches Oberflächen eis, wie jedes Eis aus tieferen Inlandeislagen.

Die Blau eisbildung findet auch beim Scholleneis statt. Denn Schollenwälle in der Nähe des Gaussberg, die bei neuen Eisbergbildungen frisch zusammengeschoben wurden, waren rauh und kantig, wie die neuen Eisberge selbst. Doch altes Scholleneis in 5 bis 10 km Entfernung von der Küste hatte gerundete Ecken und Kanten und ausgefüllte oder abgeschliffene Luftporen, wie sie das Bergblau eis hatte.

Die Formen des Mürbeises zeigen grösseren Wechsel. Während beim Blau eis alle Unebenheiten gemildert sind, werden sie beim Mürbeis durch Verwitterung verstärkt. Spalten werden erweitert, Täler vertieft, Luftporen durch Zerfall der trennenden Wände zu Löchern verbunden. So hat das Mürbeis nicht sanftwellige, sondern steilere Formen. Die Ecken und Kanten sind stumpfer als bei frischen Bergen und Schollen, doch nicht so abgerundet, wie beim Blau eis. Die Oberflächen sind nicht glatt, sondern rauh und porös, so dass sie Schneeansätze halten, die vereisen und neue Unebenheiten schaffen. So hat das Mürbeis kompliziertere Formen. Es sind zerfallende und daher in allen Formen und Eigenschaften differenzierte Berge und Schollen.

Zu der Verbreitung der beiden Typen und zur Verbreitung von Bergen und Schollen innerhalb beider liesse sich noch vieles berichten, doch führt das zu weit. Wie im grossen und ganzen das Mürbeis nördlich vom Blau eis, also

in grösserer Küstenferne liegt, so nimmt die Zahl der Berge innerhalb beider Typen mit der Entfernung von der Küste ab und der Umfang des Scholleneises gleichzeitig zu. Da die Berge vom Inlandeisrande an der Küste entstehen, müssen sie dort naturgemäss am reichlichsten sein.

Indessen liegen die Berge im Schelfeis stellenweise noch weit nach Norden hin dicht. So lag in der Mitte unseres Schelfeiskomplexes noch in 50 km Küstenabstand Berg an Berg, bisweilen der eine zum Teil auf den nächsten geschoben. Dazwischen lagen dicht gedrängte, aufgerichtete und überschobene Schollen. Das Ganze bildete ein grossartiges, schier undurchdringliches Gewirre, in welchem man Berge und Schollen nur noch schwer unterscheiden konnte, zumal sie durch vereiste Schneewehen verbunden waren. Man hatte hier den Eindruck einer völligen Vermengung von Landeis und Meereis.

Noch dichter waren die Berge im ganzen Westabschnitt unseres Schelfeiskomplexes. Dieser bestand aus einer Bergpackung, die im Süden zu Blaueis und im Norden zu Mürbeis verwandelt und dabei so dicht war, dass man eine einheitliche schwimmende Inlandeismasse zu sehen glaubte. Aber alte Bruchlinien und Täler darin, die von den entsprechenden Formen des Inlandeises sehr verschieden waren, zeigten, dass es nicht mehr Inlandeis, sondern nur eine Bergpackung war. Auch seine Oberflächenformen lehrten, dass man es mit toten abgestossenen und dann wieder zusammengeschweissten Massen zu tun hatte.

Dieses Volleis, wie ich es nannte, ist die vollendetste Meeresvereisung, die ich gesehen habe. Dass sie schwamm, lehrte ihre Verbindung mit den angrenzenden Schollenfeldern, von denen sie weder durch Spalten, noch durch einen Eisfuss abgegrenzt war, da sich Volleis und Schollen eben ganz in gleicher Weise in den Gezeiten auf- und niederbewegten. Nach der welligen Konfiguration des Meeresbodens jener Gebiete muss ich aber annehmen, dass auch dieses Volleis durch Pfeiler gestützt wird, also durch

Eisberge, die in ihm oder neben ihm auf Untiefen festliegen. Unter ihrem Einfluss besteht hier also eine grosse zusammenhängende Vereisung im Meere, meistens schwimmend und sieht noch nahezu wie ein Inlandeis aus.

Bei diesem Volleis lässt sich wohl denken, dass es auch äusserlich wie ein Inlandeis wirkt. Es war vom Inlandeis abgelöst, doch nicht aufgelöst, obgleich es schwamm. Wenn es sich bewegt, muss es seinen Schutt am Boden und auf der Oberfläche fortlaufend ganz in der gleichen Weise verfrachten und schliesslich ablagern, wie es ein Inlandeis tut. Es wird dann auch Bänke und Schären, die es halten, nicht überströmen, aber doch überschieben und dabei glätten und polieren. Da aber im Süden von ihm das Inlandeis nachströmt und immer neue Berge bildet, werden diese das Volleis zusammenschieben und dann in seiner Gesamtheit nordwärts drängen. So kommt eine passive Bewegung zustande. In derselben Weise könnten auch die Schären Skandinaviens überschoben und poliert worden sein, auch wenn die Fjorde dahinter so tief waren, dass das strömende Eis in ihnen den Boden verlor. Sie waren die Pfeiler, die das schwimmende Eis zusammenhielten.

Somit lassen sich also auch beim schwimmenden Eise Wirkungen denken, die denen des strömenden gleichen, Wirkungen durch Erosion und Transport. Sie kommen zustande, wenn die Meeresvereisung so dicht und so dick wird, dass sie zusammenhält und stellenweise den Boden berührt. Wesen und Formen dieser Meeresvereisung bleiben aber anders als die des Landeises. Auch werden die Wirkungen nur in den Schelfmeeren auftreten können und nur im Zusammenhang mit einer Landvereisung. Denn nur in den Schelfmeeren treten die Bänke nahe genug an die Oberfläche heran, um die Eisberge zu halten, und nur ein Landeis bildet Berge von solcher Grösse, dass sie wieder festkommen und Pfeiler darstellen können. Die Dimensionen des Scholleneises würden nur in ganz seichten Meeren die erforderlichen Stützpunkte liefern.

Eine völlige Vereisung tiefer Meere bleibt damit undenkbar. Denn die Schollen, die sich auch an ihrer Oberfläche noch bilden, wachsen nicht über geringe Beträge hinaus und selbst die Berge des Landeises finden in der Tiefsee keinen Halt, oder doch nur an wenigen ozeanischen Inseln, die zu weit entfernt und zerstreut liegen, um Pfeiler bilden und so grössere Eiskomplexe halten zu können. So kann die Tiefsee nur oberflächlich vereisen und nie zusammenhängend, denn was sich bildet, wird durch die Bewegungen des Weltmeeres darunter, also durch Wellen, Strömungen und Gezeiten bald zerbrochen, zerstreut und zerstört.

So bildet die Tiefsee eine Grenze auch für das Wirken des Eises. Je dicker das Eis ist, desto weiter rückt diese Grenze hinaus, und da Berge immer dicker werden als Schollen, Berge aber vom Inlandeis stammen, gehen die grössten Meeresvereisungen auch von einem Inlandeis aus. Da aber der Abfall zur Tiefsee meist sehr steil ist, rücken die Grenzen kaum über die Schelfe hinaus. Selbst im Nordpolarmeer, wo doch sonst alle Bedingungen die Entwicklung des Eises befördern, bildet es jenseits der Schelfe nur eine dünne, oberflächliche Narbe, stark genug, um menschliche Kraft zu hemmen, doch verschwindend schwach im Vergleich zu den Dimensionen und zu den Kräften des Meeres darunter. Im südlichen Eismeer geht die Herrschaft des Eises etwas weiter, weil dieses ein Land umringt, das ihm Eisberge spendet, während im Norden das Scholleneis vorwiegt.

Und in der Vorzeit war es nicht anders. Die grosse Entwicklung der Eiszeit betraf die Länder, die Meere nur so weit, als die Landvereisungen ihre Herrschaft erstreckten. So konnten die Fjorde Norwegens durchmessen werden, weil sie Stützpunkte boten, Nord- und Ost-See, weil es Flachmeere waren, vielleicht auch noch Davisstrasse und Baffinsbai. Aber die tiefen Meere, welche die Antarktis umringen, wurden damals weder durchströmt, noch durch-

messen. Die Antarktis bildet durch sich allein, für sich allein seit den ältesten Zeiten her ihre eigenen Normen, und erst, wenn unsere Gedanken bis zum Paläozoikum schweifen, wo am Schluss des Carbons auf den Südkontinenten auch schon einmal eine Eiszeit bestand und wo die tiefen Meere, welche die Antarktis heute umringen, vielleicht noch nicht vorhanden waren, dann erst wäre es möglich, dass das Eis der Antarktis seine Herrschaft bis zu den Südkontinenten erstreckt hat. In der diluvialen Eiszeit zog ihm die Tiefsee bereits die heutigen Grenzen, da man Kontinente und Meer im heutigen Ausmass sich im Tertiär schon vollendet denkt.
