

Über die Möglichkeit des Fossilwerdens in der Arktis

Von E. Gasche, Basel

Auf Einladung des Norsk Polarinstitut in Oslo und mit Unterstützung des Naturhistorischen Museums in Basel hatte ich im Sommer 1950 Gelegenheit, als Geologe an der norwegischen Spitzbergen-Expedition teilzunehmen. Den beiden Instituten sowie meinen norwegischen Freunden cand. real. Thore Winsnes und Ing. Christian Pyk, mit welchen mich erstes Erleben der arktischen Natur in ihrer überwältigenden Großartigkeit verbindet, sei auch an dieser Stelle aufrichtiger Dank ausgesprochen. Über die Resultate unserer geologischen-paläontologischen Feldarbeit im Recherche- und Van Keulen-Fjord, Bellsund ist ein Bericht in Vorbereitung, während hier einige Beobachtungen zur Aktuopaläontologie und Vergleiche mit ähnlichem Geschehen im Vorfeld des alpinen Vergleicherungsraumes im Quartär mitgeteilt seien.

1. Über die Zerstörung und Erhaltung von Tierkörpern auf Spitzbergen

Die häufigen Funde von Knochen mit Fleischresten und von Rentiergeweihen am Rande des Eises der hocharktischen Tundra Spitzbergens gaben Anlaß, der Frage der Zerstörung toter Tierkörper nachzugehen und im Zusammenhang damit die Möglichkeit des Fossilwerdens auf dem arktischen Festlande zu untersuchen.

Während in südlichen Breiten den Bakterien bei der Zerstörung von Organismen eine wichtige Rolle zukommt, ist der Anteil der verwesungs- und fäulniserrigenden Bakterien an der Zersetzung von Tierleichen in der Arktis zweifellos geringer.

Wie die höheren Pflanzen unterliegen auch die Bakterien der selektiven Wirkung der Kälte. Sie bringt es mit sich, daß im hohen Norden die wärmegebundenen Formen fehlen und nur die kälteertragenden ausreichende Lebensbedingungen finden. Daher ist die Bakterienverdünnung der arktischen Luft und Böden sehr groß; doch sind sie keineswegs keimfrei. Zudem hemmen die wenig 0° C übersteigenden Temperaturen die Entwicklung der Bakterien, während der Frost eine konservierende, jedoch keine sterilisierende Wirkung hat.

Ob der Verwesung, die unter Einwirkung von Bakterien bei mittlerer Temperatur und bei Anwesenheit von Sauerstoff und Feuchtigkeit stattfindet, auf Spitzbergen überhaupt eine Bedeutung zukommt, scheint — abgesehen von der Ungunst der Temperatur — hauptsächlich aus folgendem Grunde fraglich zu sein: die Weichteile der frischen Tierleichen werden im Sommer von Füchsen und vor allem von Möwen in kurzer Zeit so gründlich aufgefressen, daß von den frei an der Luft liegenden Körperteilen fast nur noch Sehnen und Knochen übrigbleiben. Die an den Knochen haftenden wenigen Fleischreste und Sehnen trocknen in kürzester Zeit vollständig aus und bieten den Verwesungsbakterien keine geeigneten Lebensbedingungen.

Anders liegen die Verhältnisse bei der Fäulnis, welche unter Einwirkung von Bakterien bei Luftabschluß und in Gegenwart von Feuchtigkeit vor sich geht. Sie kommt an jenen Körperteilen zur Auswirkung, die auf nasser, feinsandiger und schlammiger Unterlage liegen und dem Tierfraß nicht zugänglich sind. Die optimalen Temperaturen für die Fäulniserreger liegen zwar zwischen 30° und 40° C. Doch fördert bereits eine Temperatur von 10° C und darüber die Fäulnis. Die Sommertemperaturen Spitzbergens (der Mittelwert der Monate Juni—August 1912—1927 in Green Harbour, Eisfjord, belief sich auf +4° C, aus Knothe, 1931) liegen gerade noch im Bereich der gehemmten Entwicklung der Fäulnisbakterien. Da aber die Temperatur der bodennahen Luftschicht bei Sonnenschein um rund 10° höher liegt als in 1 m über dem Boden (Andersson, 1902; Geiger, 1927), kommt dem Mikroklima eine fäulnisbegünstigende Bedeutung zu. Die geringe Intensität und kurze Dauer der bakteriellen Tätigkeit (6—8 Vegetationswochen, auf die unmittelbar Frost folgt,) haben zur Folge, daß faulendes Fleisch, welches den übrigen Zerstörungsfaktoren entzogen ist, jahrelang erhalten bleibt. In der obersten

Bodenschicht eingelagerte Muskulatur von Bartenwalen, welche in den Gewässern Spitzbergens längst ausgerottet sind, läßt erkennen, daß dieser Zersetzungsprozeß Jahrzehnte überdauern kann.

Einen raschen Verlauf nimmt die Zerstörung toter Tierkörper an der Küste, im Gürtel der Brandung und Gezeiten. Die norwegischen „Hvitfisk“-Fänger haben auf Ahlstrandodden, am Eingang des Van Keulen-Fjordes, die Gewohnheit, die abgehäuteten und abgespeckten Weißwale, *Delphinapterus leucas* (Pallas), senkrecht zur Uferlinie in den Spülsaum zu legen. Sofort stürzen sich Scharen von Möwen, besonders *Larus hyperboreus* Gunn., gierig auf diese und arbeiten großzügig an der Skelettierung. Bei Flut rollen die Wellen zerstörend über die Tierleichen hinweg. Gleichzeitig umgibt ein dichter Schwarm von kleinen Krebsen die Körper; sie leisten eine gewaltige Kleinarbeit, deren Bedeutung für die Zerstörung nicht unterschätzt werden darf. Wasser, Möwen, Krebse und marine Mikroorganismen arbeiten unablässig an der Vernichtung dieser 5 m langen Zahnwale und lassen in wenigen Wochen nur noch nackte Knochen übrig.

Die Zerstörung der Weichteile toter Wirbeltiere geht mit Ausnahme jener Massen, welche dem Boden aufliegen und dem Tierfraß entzogen sind, in der sommerlichen Hocharktis Spitzbergens sehr rasch vor sich. Dagegen bleiben die im Küstensaum liegenden Knochen von Bartenwalen, Zahnwal, Walroß und Seehunden sowie die auf der Tundra und den Sand- und Schuttböden verstreuten Hartteile von Eisbär, Polarfuchs und Rentier jahre- bis jahrzehntelang, mithin bedeutend länger als in den Regionen der Wälder erhalten. Ihre Zerstörung erfolgt durch langsame Verwitterung und auf biologisch-chemischem Wege durch den Bewuchs mit Flechten und Moosen.

Unter günstigen Bedingungen wie an Stellen, die ständig dem Winde ausgesetzt sind und deshalb schneefrei bleiben, kann ein toter Tierkörper im Laufe des Winters vollständig austrocknen und zur Mumie werden. So fanden wir Ende des Sommers, am 27. 8., als bereits wieder Frost eingesetzt hatte, auf Ahlstrandodden die Mumie eines Fuchses im Winterkleid. Sie war gut erhalten, zeigte keine Fraßspuren und war einzig auf der Unterseite leicht beschädigt, wo sie während des Sommers mit dem aufgetauten Boden in Berührung lag. Möwen, die zwischen dem 19. 7. und 4. 8. erlegt wurden, hingen wir nach Entfernung der Eingeweide zum Trocknen in einer Hütte auf, durch welche von allen Seiten der Wind blies. Bis zur Abreise am 1. 9. waren sie hart ausgetrocknet und haben als Mumien den zweimonatigen Transport nach Basel überstanden, ohne Schaden durch Bakterien im feuchten und milden Herbstklima des Südens zu nehmen.

2. Einbettungsmöglichkeiten in der Arktis, verglichen mit denjenigen in den Alpenländern der Gegenwart und des Diluviums

Da die Hartteile von Wirbeltieren auf dem arktischen Festlande sehr lange erhalten bleiben, steht zu ihrer Einbettung in ein Sediment bedeutend mehr Zeit zur Verfügung als beispielsweise in Mitteleuropa. Ferner sind dort die Möglichkeiten, von einer schützenden Erdhülle ummantelt zu werden, größer als hier. Die ersten beiden Voraussetzungen, fossil zu werden, sind daher in der Tundra günstiger als in den Waldregionen südlich der Baumgrenze.

Zu den üblichen Möglichkeiten terrestrischer Einsedimentierung organischer Reste gesellt sich in der Arktis die Einbettung in fluvioglaziale und fluviatile Ablagerungen großen Stils. Die Überschwemmungen der Gletscherbäche in der vereisten und der „Schneewasser“-bäche in der unvereisten Arktis übertreffen an Flächenausdehnung und Mächtigkeit des mitgeführten Materials die Vorgänge in den Alpenländern der Gegenwart. Beträgt die Überdeckung 50—100 cm, so bleiben die organischen Einschlüsse im Dauerfrostboden konserviert und vorläufig der Zerstörung nach der Einbettung entzogen, eine Erscheinung, die heute in den Alpen unbekannt ist.

Überschwemmungen vergleichbarer Ausmaße haben sich im nördlichen Vorfeld der alpinen Gletscher des Diluviums zugetragen. Auch dürften Klima und Ve-

getation im Gletschervorland wenigstens zur Zeit der Vereisungsmaxima der heutigen Arktis ähnlich gewesen sein; auf Grund der Fossilien läßt sich eine baumlose Tundra mit der alpin-arktischen Dryasflora und einer Landfauna arktischen Gepräges rekonstruieren. Die Aussichten auf fossile Überlieferung waren somit im Alpenvorland der Eiszeiten ungefähr gleich günstig wie heute in der Arktis. So sind denn auch Funde von Wirbeltierresten in fluvioglazialen-fluviatilen Ablagerungen namentlich der letzten Eiszeit keineswegs selten. Der Grund ihrer Häufigkeit ist nicht so sehr im Individuenreichtum der Fauna als im Klima mit seinen günstigen Folgen für Erhaltung und Einbettung der toten Tierkörper zu suchen.

Dagegen sind mir Fossilfunde aus eiszeitlichen Moränen der alpinen Vergletscherung nicht bekannt. — Von den Murmeltieren aus den Moränen der letzten Eiszeit (Heim, 1919, S. 329) ist abzusehen, da sie ihre Bauten in bereits bestehenden Moränen angelegt haben. — Wie den folgenden Beispielen zu entnehmen ist, läßt sich das Fehlen tierischer Einschlüsse in den Moränen nur bedingt durch ihre mechanische Zerstörung bei der Bildung derselben erklären.

Der seitliche Moränenwall im südlichen Teil des Ostufers des Recherche-Fjordes führt in überraschend guter Erhaltung reichlich Muschelschalen, Schneckengehäuse und zum Teil feinverästelte Kalkalgen (Lithothamnien), die aus dem Untergrund des Fjordes stammen. Sie liegen heute in feinen und groben Sanden und zwischen Geschieben der Moräne eingebettet. Das Material wurde vom Eis beim letzten Aushobeln des Fjordes vom Meeresboden abgetragen und am seitlichen Gletscherrand bis gegen 20 m über den heutigen Meeresspiegel emporgearbeitet. Trotz dieser bedeutenden Bewegungen, von denen man völlige Zerstörung der organischen Reste erwarten möchte, zeigen die Einschlüsse sehr geringe Spuren mechanischer Beanspruchung. Ferner sammelte unser Kollege A. Carlsson auf der Insel Cora im Ekmanfjord, nördlich des Eisfjordes, in der mächtigen Randmoräne des Seftström-Gletschers, welche zwischen 1882 und 1896 abgelagert wurde (De Geer, 1912; Gripp, 1929), neben anderen feinschaligen Muscheln massenhaft unversehrte Schalen von *Pecten islandicus* Gmelin, z. T. massiv mit Lithothamnien umkrustet, sowie nur leicht beschädigte Gehäuse der folgenden Bucciniden, deren Bestimmung ich Herrn Dr. L. Forcart, Naturhistorisches Museum Basel, verdanke: *Velutopsius* (*Pyrulofusus*) *deformis* (Reeve), *Neptunea* (*Neptunea*) *despecta* (L.), *Neptunea* (*Neptunea*) *antiqua* (L.) und *Buccinum* (*Buccinum*) *glaciale* (L.). Sie stehen im Begriff, im Moränenmaterial fossil zu werden.

So selten es vorkommt, daß eine marine Fauna und Flora Aussicht hat, in glazialen Ablagerungen zu versteinern — das Ereignis beschränkt sich heute auf die Küsten der vereisten Fjordländer der Arktis und Antarktis — so geht doch aus den beiden Beispielen hervor, daß der Einbettung organischer Reste in den Moränen des Eisrandes größere Bedeutung zukommt, als man allgemein annimmt. Sie zeigen, daß die mechanischen Kräfte beim Aufwerfen der randlichen Moränenwälle keineswegs alles Organische zerstören, wie dies bei der Bildung der Grund- und Mittelmoränen weitgehend der Fall sein mag.

Für das Fehlen von Fossilien in den diluvialen Randmoränen des alpinen Vereisungsgebietes kann daher, rückschließend vom Gegenwärtigen auf das Vergangene, nicht primär die mechanische Zerstörung der organischen Reste verantwortlich gemacht werden. Der Fossilmangel ist vielmehr auf das Fehlen oder die Seltenheit toter Tierkörper am äußersten Gletschersaum zurückzuführen. Im Gegensatz zu den fluvioglazialen und fluviatilen Überschwemmungen überzogen die Randmoränen ein verhältnismäßig kleines Areal. Sie kamen daher kaum mit Tier skeletten in Berührung, welche sie einzubetten Gelegenheit gehabt hätten.

Zusammenfassung: Für das Fossilwerden auf dem Festlande — wie übrigens auch im Meer — kommt es nicht allein auf die Masse des Erzeugten, sondern ebenso sehr auf dessen Erhaltung und Einbettung nach dem Tode an. Diese ersten Voraussetzungen für fossile Überlieferung finden sich in der baumlosen Tundra der Gegenwart und des Diluviums mit der langen Dauer der Erhaltung

tierischer Hartteile und den fluvioglazialen-fluviatilen Einbettungsmöglichkeiten weit günstiger erfüllt als in den Waldregionen der gemäßigten Klimazone.

An den Küsten der vereisten Fjordländer der Polarregionen haben marine Faunen und Floren Aussicht, in Moränen fossil zu werden. Die Erscheinung weist darauf hin, daß nicht die mechanische Zerstörung des Organischen sondern die mangelnde Gelegenheit, Organisches einzubetten, das Fehlen der Fossilien in den diluvialen Randmoränen des alpinen Vereisungsraumes verursacht hat.

Literatur

- Andersson, G. (1902): Zur Pflanzengeographie der Arktis. Geogr. Zeitschr., 8. Jg., S. 1. Leipzig.
- De Geer, C. (1912): Kontinentale Niveauänderungen im Norden Europas. C. R. XIe Congr. Géol. Internat Stockholm 1910, S. 849. Stockholm.
- Geiger, R. (1927): Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig.
- Gripp, K. (1929): Glaciologische u. geologische Ergebnisse der Hamburgischen Spitzbergen-Expedition 1927. Abh. a. d. Gebiete d. Naturwiss., herausgeg. v. Naturwiss. Verein in Hamburg, Bd. 2, S. 45. Hamburg.
- Heim, Alb. (1919): Geologie der Schweiz. Bd. 1. Leipzig.
- Knothe, H. (1931): Spitzbergen, eine landeskundliche Studie. Petermanns Mitt., Erg.-Bd. 46, H. 211. Gotha.

Beobachtungen an Auftau- und Strukturböden Spitzbergens

Von Dr. H. Rieche, Ulm

In den Heften Nr. 1 und 2 des Jahrgangs 1938 dieser Zeitschrift wurde kurz über die Expeditionen berichtet, die der Verfasser in den Jahren 1937 und 1938 nach Spitzbergen unternahm. Die Veröffentlichung der dabei erzielten Ergebnisse litt z. T. unter den Auswirkungen des Krieges und seiner Folgen. Über die ersten Arbeiten dieser Art wurden zunächst erst vorläufige Zusammenstellungen¹⁾ gegeben, die heute nicht mehr vollständig sind. Eine monographische Bearbeitung des Hornsundgebietes in Südspitzbergen, dessen Durchforschung das Hauptanliegen dieser Expeditionen war, wird vorwiegend die dabei gewonnenen geographischen Beobachtungen bringen, aber auch alle übrigen Ergebnisse mit einbeziehen. Sie liegt in Hauptteilen als Manuskript vor, und es ist geplant, sie als Sonderheft erscheinen zu lassen.

Für das vorliegende Jubiläumsheft seien aphoristisch einige bodenkundliche Beobachtungen mitgeteilt, die während dieser Expeditionen angestellt wurden. Es erscheint gerechtfertigt, gerade dieses Beispiel herauszugreifen, da die seit den letzten Jahrzehnten anhaltenden meteorologischen Veränderungen in der Arktis Änderungen in der physikalischen und sonstigen Beschaffenheit des Bodens bewirken. Die sommerliche Auftautiefe des Bodens ändert sich und wird Änderungen in seiner Struktur und seinen übrigen Eigenschaften nach sich ziehen. Auch einfache und bescheidene Beobachtungen können deshalb vielleicht inzwischen willkommene Vergleichsmöglichkeiten bieten.

Die Tiefe der aufgetauten Bodenschicht wurde von mir 1938 an verschiedenen Stellen und zu verschiedenen Zeiten gemessen. Sie betrug am 9. Juli, wenige Tage nach unserer Ankunft in der Kingsbay auf den flachen, mit meist nur karger Tundravegetation bedeckten Ebenen rings um Ny Aalesund durchschnittlich 38 cm. Dort, wo sich in dieser Ebene in flachen Mulden oder hinter Bodenerhebungen noch Schneereste befanden, war der Boden überhaupt noch nicht aufgetaut; in der nahen Umgebung solcher Stellen fand sich eine 2—5 cm dicke, von Schmelzwasser zu dünnem Brei aufgeweichte Bodenschicht. Die größte Auftautiefe maß ich in

¹⁾ H. Knothe: Spitzbergen. Pet. Geogr. Mitteilungen; Erg.-Heft Nr. 211, Gotha 1931.