

DIE GEOLOGIE VON SVALBARD



Inhalt

Was ist Geologie?	3
Geologische Vielfalt.....	6
Die ältesten Gesteine	10
Sedimentgesteine	14
Plattentektonik.....	18
Gebirgsbildung in Svalbard.....	20
Fossilien	22
Vulkane und warme Quellen	24
Die Eiszeit.....	26
Landschaftsformen.....	28
Kohle	30
Erdöl und Erdgas	32
Geologie und Umweltschutz	33
Geologische Übersichtskarte	34
Geologische Zeittafel.....	35

Norsk Polarinstitutt
Polarmiljøseneteret
NO-9296 Tromsø

www.npolar.no

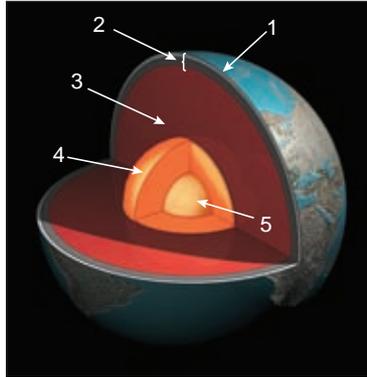
Tekst: Synnøve Elvevold, Winfried Dallmann, Dierk Blomeier.
Teknisk redaktør: Synnøve Elvevold
Grafisk design: Audun Igesund
Trykt: Grafisk Nord AS, januar 2007
ISBN: 978-82-7666-241-2

Was ist Geologie?

Die Lehre von der Erde

Geologie ist eine Erdwissenschaft und handelt vom Aufbau und der Zusammensetzung unseres Planeten, von seiner Entstehung vor 4.6 Milliarden Jahren bis zur heutigen Zeit. Die Geologie umfasst alles, von Vulkanen über Erdbeben bis zu Dinosauriern und Edelsteinen. Genauer gesagt, die Geologie ist das Studium von Gesteinen, Mineralien, Fossilien und Lockersedimenten, einschließlich aller physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse, die auf der Oberfläche und im Erdinneren auftreten und wirken.

Ein schematischer Schnitt durch die Erdkugel zeigt, dass diese aus unterschiedlichen Schalen aufgebaut ist. Der innere Kern, der einen Radius von 1220 km hat, besteht hauptsächlich aus Eisen und etwas Nickel und ist fest, während angenommen wird, dass der äußere Teil des Kerns (mit einer Schalenmächtigkeit von 2250 km) eine Temperatur von ca. 4000 Grad Celsius aufweist und flüssig ist. Um den Kern herum liegt der plastische Erdmantel



1. Kruste
 2. Lithosphäre
 3. Erdmantel
 4. Äusserer Kern
 5. Innerer Kern
- Zeichnung: A. Igesund

mit einer Mächtigkeit von 2860 km, der wiederum von der Erdkruste umschlossen wird. Die nur 10-60 km dicke Erdkruste



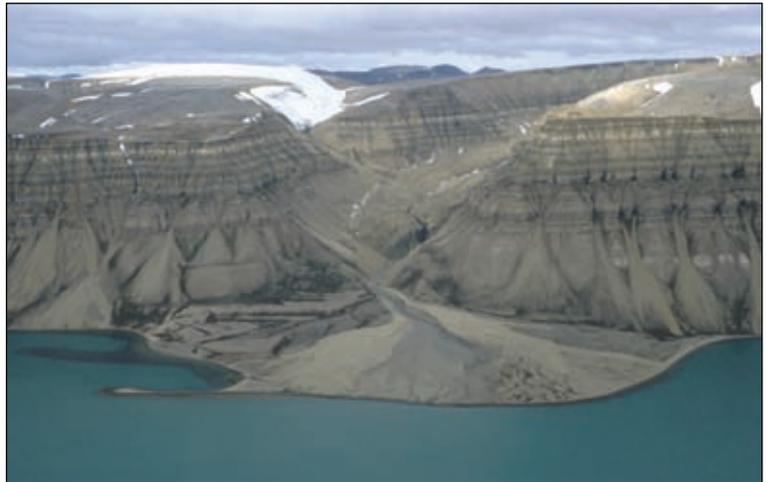
Fossiler Blattabdruck auf einem tertiären Siltstein. Blattversteinerungen von Laubbäumen können in der Endmoräne des Longyeargletschers in der Nähe von Longyearbyen gefunden werden.

Foto: D. Blomeier.

bildet die dünne Schale der Erde, auf der wir leben. Sie besteht aus Festgesteinen und wird in kontinentale und ozeanische Kruste



Abfolge Paläozoischer Sedimente (Perm) im Billefjord-Gebiet. Foto: W. Dallmann.



Die Landschaften auf Svalbard sind stark durch Gletscher und Flüsse geprägt. Die Flüsse transportieren erodiertes Gesteinsmaterial, das sich anschließend in fächerförmigen Flussdeltas absetzt. Foto: D. Blomeier.

Die Geologie in der Gesellschaft

Die Geologie wirkt und befindet sich überall um uns herum; denn es ist ja die Erde, auf und von der wir leben. Geologische Prozesse haben zur Entstehung von Lockersedimenten und Festgesteinen geführt und Landschaften geformt. Einige der geologischen Prozesse sind global und ereignen sich in Zeiträumen, die menschliche Vorstellungen übersteigen. Andere Prozesse haben lokalen Charakter, können kurzfristig und unverhofft auftreten und werden von uns Menschen als Naturkatastrophen wahrgenommen, wie zum Beispiel Erdbeben, Vulkanausbrüche, Erdbeben oder Flutwellen (Tsunamis).

Während ihrer gesamten Entwicklung hat die Menschheit geologische Rohstoffvorkommen wie z.B. Erz, Kohle, Erdöl oder Erdgas, nutzbar gemacht und unterschiedliche Zeitalter nach ihnen benannt, wie die Steinzeit, Bronzezeit und Eisenzeit. Die Jäger des Steinzeitalters gebrauchten Flintsteine als Gerätschaften und Waffen. Die Wikinger verwendeten verschiedene Metalle, je nach ihren geologischen und metallurgischen Kenntnissen. Die Geologie hat ebenfalls eine große Bedeutung für die moderne Gesellschaft. In Norwegen ist die Entwicklung der Wirtschaft in hohem Masse von der Nutzung geologischer Bodenschätze an Land und unter dem Meeresboden beeinflusst worden. Norwegens moderne Wirtschaft beruht zum großen Teil auf den enormen Erdöllagerstätten unter den Schelfmeeren der Kontinentalsockel. Im Falle Svalbards ist die Entwicklung und Geschichte der lokalen Gesellschaft hauptsächlich ein Resultat der geologischen Kohlevorkommen.

Die Geologie hat ebenfalls einen großen Einfluß auf das Ökosystem. Ein Beispiel sind die zahlreichen Brutplätze oder Vogelfelsen in Svalbard, die spezielle Ökosysteme darstellen und durch ein vielfältiges Vogelleben gekennzeichnet sind. Die Grundlage hierfür sind unter anderem die steilen Felsen, die wiederum das Resultat der Beschaffenheit der Gesteine und verschiedener geologischer, landschaftsformender Prozesse darstellen. Tourismus und Outdoor-Aktivitäten sind ebenfalls ein wichtiger Teil der Wirtschaftsgrundlage Svalbards, und es ist wiederum die Geologie, die diese Landschaften geformt hat und die beeindruckenden Naturerlebnisse ermöglicht.



Die spektakulären Klippen am südlichen Ende der Bäreninsel bestehen aus Dolomit und Karbonatgesteinen, die leicht verwittern und Felsvorsprünge bilden, welche von verschiedenen Vogelarten zum Nisten genutzt werden. Foto: H. Strøm.



Die geologischen Verhältnisse im Adventdalen begründen die Basis der Geschichte und Entwicklung von Longyearbyen. Foto: I. L. Næss.

Mineralien und Gesteine

Ein Gestein besteht aus vielen Mineralien wie zum Beispiel Quarz, Feldspat oder Glimmer. Aufgrund ihrer Entstehung können drei Hauptgesteinsarten unterschieden werden:

Ablagerungs- oder Sedimentgesteine

Wenn Gesteine chemisch oder mechanisch verwittern, entstehen Verwitterungsprodukte aus Ton, Silt, Sand, Kies oder größeren Blöcken, die, nach einem mehr oder weniger weitreichenden Transport durch Eis, Wasser oder Wind, als unverfestigte Sedimente wieder abgelagert werden. Wenn diese Lockersedimente durch verschiedene Prozesse verfestigt werden, entstehen Ablagerungsgesteine. Tonstein, Sandstein, Kalkstein und Konglomerat sind Beispiele für solche Gesteine.

Erstarrungs- oder magmatische Gesteine

Magmatische Gesteine entstehen, wenn eine Gesteinsschmelze (Magma) aus dem Erdinneren aufsteigt und durch Abkühlung erstarrt. Wenn das Magma tief in der Erdkruste abkühlt, entstehen Tiefengesteine wie zum Beispiel Granit und Gabbro. Wenn Gesteinsschmelzen in Gängen innerhalb eines älteren Umgebungsgesteins abkühlen, entstehen Ganggesteine wie zum Beispiel Dolerit. Vulkanische Oberflächengesteine entstehen, wenn Lava an die Erdoberfläche aufsteigt und erstarrt. Hierfür ist Basalt ein Beispiel.

Umwandlungs- oder metamorphe Gesteine

Metamorphe Gesteine gehen aus Sedimenten oder magmatischen Gesteinen hervor, die durch hohe Temperaturen und/oder hohe Drücke umgewandelt wurden. Metamorphe Gesteine sind oft geschiefert oder in Lagen gegliedert. Beispiele für metamorphe Gesteine sind Gneis, Marmor oder Glimmerschiefer.



Sedimentgestein: Schräg-geschichteter Sandstein. Foto: D. Blomeier.



Magmatisches Gestein: Granit mit größeren Feldspatkristallen. Foto: S. Elvevold.



Metamorphes Gestein: Stark gefalteter Gneis. Foto: S. Elvevold.

Geologische Vielfalt



Svalbard umfasst eine außergewöhnlich hohe Anzahl verschiedener Gesteine innerhalb eines geographisch relativ eng begrenzten Bereichs. Selbst wenn der größte Teil des Landes von Gletschern bedeckt ist, stellt die Inselgruppe eines der wenigen Gebiete der Erde dar, die die Möglichkeit bieten, die meisten Abschnitte der Erdgeschichte zu studieren. Deshalb wird Svalbard oft auch als natürliches geologisches Archiv bezeichnet, in dem die geologischen Prozesse der Vergangenheit und der Gegenwart beobachtet und studiert werden können. Eine weitere Besonderheit bezüglich Svalbards Geologie ist, dass hier Gesteinsabfolgen auftreten, die selten sind und nirgendwo anders in Nordeuropa vorkommen.

In Svalbard sind die Reste des alten kaledonischen Gebirges aufgeschlossen. Diese setzen sich aus einer Reihe verschiedener Gesteinskomplexe zusammen, die vor ca. 400 Millionen Jahren in einem gewaltigen Gebirgsbildungsprozess (Orogenese) zusammen geschoben, aufgefaltet und umgewandelt wurden. In dem Zeitraum nach der kaledonischen Gebirgsbildung befand Svalbard sich die meiste Zeit unter dem Meeresspiegel. Ton, Sand, Kies und Kalk usw. wurden abgelagert und später zu Gesteinsschichten verfestigt. Die unterschiedlichen Festgesteine werden lediglich an wenigen Stellen durch Erde oder Vegetation verdeckt. Die Landschaft ist von zahlreichen Fjorden und Tälern zerschnitten, die den Aufbau der Berge in drei Dimensionen offenbaren und wo sich die Geologie wie ein offenes Buch präsentiert.



Erodierter Gesteinsmaterial der Berge wird durch Flüsse transportiert und anschließend in großen Flussdeltas, die sich bis in den Fjord erstrecken, abgesetzt. Foto: W. Dallmann.



Krustenbewegungen und Erosion fördern Gesteine zu Tage, die einst tief versunken waren. Das Bild zeigt verfaltete Gneise des Kaledonischen Gebirgsgürtels. Foto: W. Dallmann.



Foto: M. Wisshack.

Granit, Gneis, Schiefer, Sandstein und Lava sind bekannte Gesteinsnamen. Diese Gesteine sind Festgesteine, die zum Teil ein Alter von vielen Millionen Jahren aufweisen und aus denen sich die Gebirge zusammensetzen. Die ältesten Gesteinsarten in Svalbard sind ungefähr 3,3 Milliarden Jahre alt. Im Vergleich dazu weist die Erde ein Alter von 4,6 Milliarden Jahren auf und die ältesten Gesteine, die jemals gefunden wurden sind 4,03 Milliarden Jahre alt.

Auf den Festgesteinen lagern die Lockersedimente. Dieser Begriff wird von Geologen als Sammelbegriff für Ablagerungen benutzt, die bedeutend jünger sind als die Festgesteine. Die geologischen Prozesse, die zur Entstehung von Lockergesteinen führen, hängen eng mit der durch Gletscher verursachten Abtragung (Erosion) von Festgesteinen zusammen. Große Schmelzwasserflüsse transportieren das erodierte Material weiter zum Meer. In Svalbard, wie auch in anderen arktischen Gebieten, haben Wind und Frost ebenfalls eine große Wirkung auf die vorherrschenden Landschaftsformen.



Durch die Verwitterung von Gesteinen entsteht Boden auf dem eine üppige Tundra-Vegetation gedeiht. Foto: S. Elvevold.



Flach lagernde Sedimentgesteinsschichten im Billefjord-Gebiet. Am Fuß der Steilhänge haben sich keilförmige Anreicherungen von Lockersedimenten, so genannte Schuttfächer, gebildet. Foto: D. Blomeier.

Svalbards Geologie kann in drei Haupteinheiten gegliedert werden:

1. Das Grundgebirge umfasst die ältesten Festgesteine und entstand während der Erdurzeit und dem frühen Erdaltertum. Es besteht überwiegend aus magmatischen und metamorphen Gesteinsarten, die mehrere Perioden von Gebirgsbildung durchlaufen haben.
2. Nicht umgewandelte Ablagerungsgesteine oder Sedimente stammen aus dem Erdaltertum bis in die Erdneuzeit. Auf Spitzbergen bilden diese Sedimentschichten unter anderem eine gewaltige, muldenartige Struktur, die sich vom Isfjord-Gebiet weit nach Süden erstreckt; mit den jüngsten und obersten Lagen in der Mitte als Kern und den ältesten Gesteinen an den Außenseiten.
3. Lockersedimente stammen aus der Erdneuzeit (Quartär). Die meisten Sedimente wurden während oder nach der letzten Eiszeit gebildet und sind hauptsächlich Moränen, Flussablagerungen, Strandablagerungen und grobes Geröll und Blockwerk an den Berghängen.

Im Folgenden werden einige allgemeine Züge des Grundgebirges, der Sedimentabfolge und der quartären Ablagerungen und Landschaftsformen aufgezeigt. Eine vereinfachte geologische Karte von Svalbard findet sich auf der letzten Umschlagsseite und zwei geologische Profile durch Spitzbergen werden auf Seite 21 gezeigt.



Geländearbeit in Svalbard. Foto, unten links: S. Elvevold, andere: W. Dallmann

Wie wird das Alter der verschiedenen Gesteine bestimmt?

Um die Reihenfolge verschiedener geologischer Prozesse und Entwicklungen nachzuvollziehen, muss das Alter der verschiedenen Gesteine bestimmt werden. Es existieren unterschiedliche Möglichkeiten, die diese Datierungen ermöglichen, aber nicht alle Methoden können auf alle Gesteinstypen angewandt werden.

Relative Altersbestimmung:

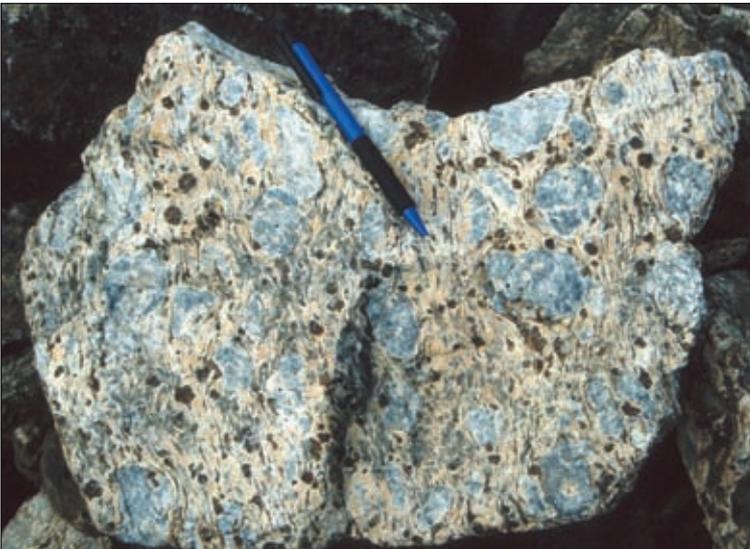
Das Alter eines Gesteins kann relativ zu den umgebenen Gesteinen bestimmt werden. In einer ungestörten Abfolge von Sedimenten zum Beispiel sind die unteren Lagen immer älter als die Überlagernden. Ein Erstarrungsgestein, wie zum Beispiel Granit, welches in einen Schiefer eingedrungen ist, ist immer jünger als das umgebene Schiefergestein.

Fossilien:

Viele Fossilien sind für bestimmte Abschnitte der Erdgeschichte charakteristisch. Die am besten erhaltenen Fossilien treten in Sedimenten des Erdmittelalters und der Erdneuzeit auf, die dann aufgrund ihres Fossilinhalts datiert werden können.

Radioaktive Altersbestimmung:

Radioaktive Elemente oder Grundstoffe, wie zum Beispiel Uran, können zur geologischen Altersbestimmung von Gesteinen verwendet werden. Viele Elemente bestehen aus mehreren Isotopen, das heißt, aus Variationen desselben Grundstoffs, aber mit einem unterschiedlichen Atomgewicht. Wenn ein Mineral entsteht, werden verschiedene Elemente in die Kristallstruktur eingebaut, darunter auch eine Anzahl verschiedener radioaktiver Isotope desselben Grundstoffs. Diese zerfallen nach und nach in stabile Tochterprodukte. Zum Beispiel werden sich die zwei radioaktiven Isotope von Uran in verschiedene Isotope von Blei umwandeln. Dabei ist die „Halbwertszeit“ die Zeit, in der sich die Hälfte des Ursprungsmaterials umgewandelt hat. Die beiden Uran-Isotope haben eine Halbwertszeit von 4446 beziehungsweise 703,8 Millionen Jahre. Das resultierende Verhältnis der Zerfallsprodukte kann zur Altersbestimmung Uran-führender Minerale wie Zirkon, Monazit und Titanit benutzt werden. Es gibt eine Reihe von geologischen „Isotopen-Uhren“, die zur Bestimmung des Zeitpunkts der Abkühlung von Erstarrungsgesteinen, der Kristallisation von Mineralien oder für die Umwandlung und Deformation eines Gesteins angewandt werden.



Gneis von der Biscayar-Halbinsel. Die bläulichen Minerale sind Feldspäte, die kleineren, dunklen Granat. Altersbestimmungen ergaben ein Alter von ca. 965 Millionen Jahren. Foto: S. Elvevold.

Die ältesten Gesteine

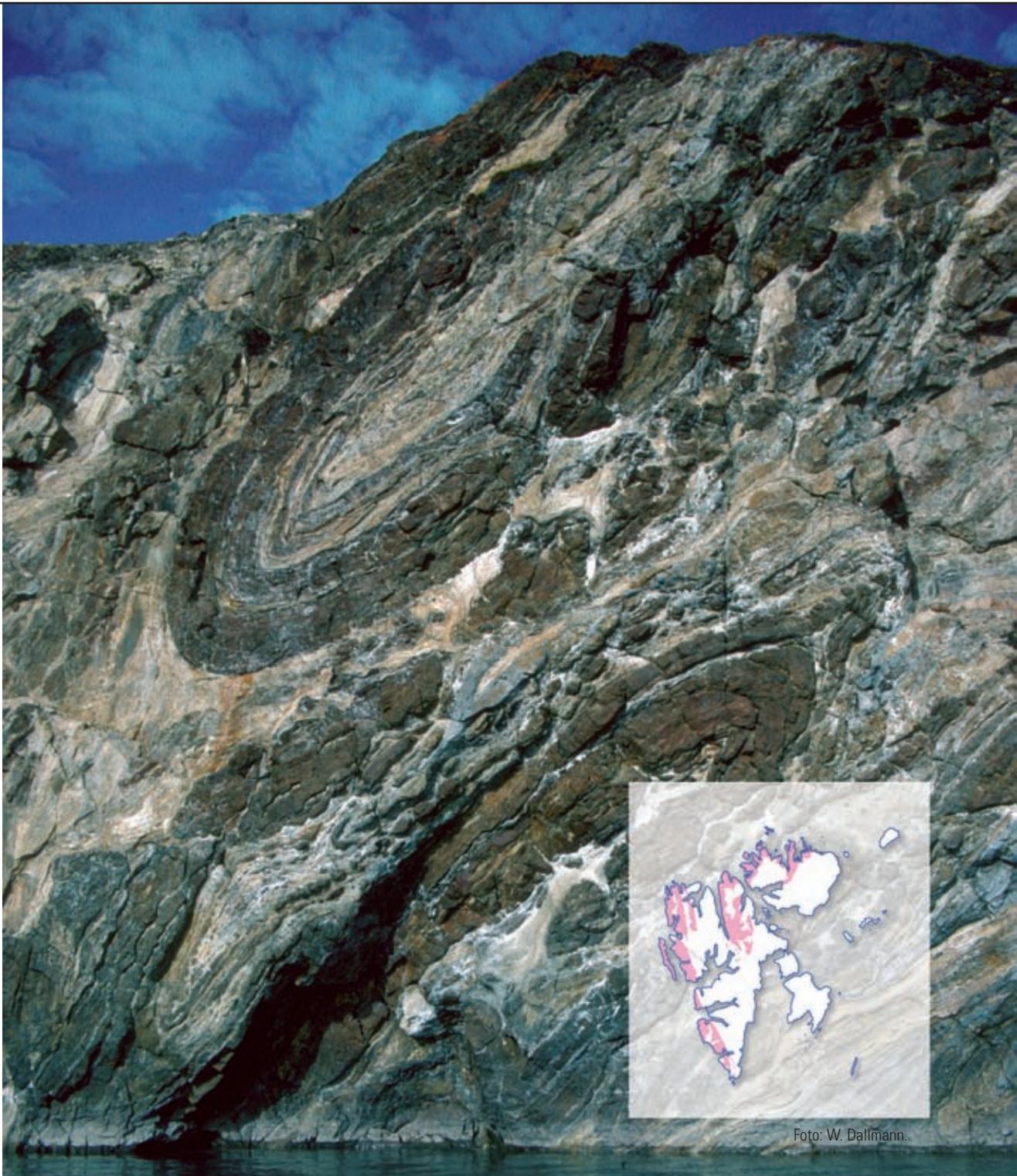


Foto: W. Dallmann.

Das Grundgebirge

Im umgangssprachlichen Gebrauch steht der Begriff Grundgebirge gewöhnlich für Festgestein im Gegensatz zum lockeren Erdreich. In der Geologie dagegen hat der Begriff eine spezielle Bedeutung. Hier wird der Begriff Grundgebirge für verfaltete, ältere Gesteine benutzt, die normalerweise die Unterlage für jüngere Festgesteine bilden.

In Svalbard wird der Begriff Grundgebirge für Gesteine benutzt, die in dem Zeitraum vom Präkambrium bis ins Silur gebildet wurden, also älter als ca. 400 Millionen Jahre sind. Altersbestimmungen beweisen, dass das Grundgebirge in Svalbard mehrere Gebirgsbildungsphasen (Orogenesen) durchlaufen hat. Verwitterung und Erosion haben vor langer Zeit diese Gebirgsketten abgetragen, und was man heute sieht, sind lediglich die Reste dieser alten Gebirgszüge. Die letzte Gebirgsbildung wird die kaledonische Orogenese genannt und fand vor 470-400 Millionen Jahren statt.

Grundgebirgsgesteine sind überwiegend an der Westküste und in den nördlichen Bereichen Spitzbergens, auf Prins Karls Forland, auf Nordaustlandet und in einem kleinen Gebiet auf Bjørnøya (Bäreninsel) aufgeschlossen. Die Gebiete, in denen das Grundgebirge zu Tage tritt, sind oftmals durch alpine Landschaftsformen mit hohen, steilen und spitzen Bergen charakterisiert. Als Willem Barentsz dieses Land im Jahre 1596 entdeckte, nannte er es Spitzbergen aufgrund dieser zerklüfteten und gezackten Landschaftsform.

Süd-Spitzbergen

Das Grundgebirge zwischen dem Südkapp und dem Isfjord besteht hauptsächlich aus Phyllit, Quarzit, Kalkstein, Dolomit und Konglomeraten und zu einem geringeren Teil aus vulkanischen Gesteinen. Eine Besonderheit sind sogenannte Tillite, die Moränenkonglomerate darstellen. Ein Tillit besteht aus ursprünglichen Moränen, Gletscherflussablagerungen und sogenannten „dropstone-Ablagerungen“ von abschmelzenden Eisbergen oder Gletschern, welche Svalbard vor ca. 600 Millionen Jahren bedeckten. Diese Gesteine sind wichtige Leithorizonte, die zur relativen Altersbestimmung benutzt werden. Unter den Tilliten liegen mächtige Kalksteine und Dolomite, die Stromatoliten, fossile Algenkolonien, enthalten. Diese Stromatoliten gehören zu den ältesten Fossilien, die auf Spitzbergen gefunden wurden. Im Sørkapp Land sind Sedimente aus dem Kambrium und Ordovizium verbreitet, die Fossilien wie Dreilappkrebse und Armfüßer (siehe



Konglomerat aus dem Proterozoikum. Das Gestein ist stark deformiert. Kieselsteine, die ursprünglich rund waren, sind nun gestreckt und stark gefaltet. Foto: W. Dallmann.

Kapitel Fossilien, Seite 22-23) enthalten. Der Hornsundtind, der höchste Berg in Süd-Spitzbergen (1431 müNN), besteht aus diesen Schichten.

Nordwest-Spitzbergen

Die Gesteine auf Prins Karls Forland und Oscar II Land, die überwiegend aus Schiefern, Kalksteinen, Sandsteinen und Tilliten bestehen, ähneln denen, die man südlich des Isfjord findet. Auffaltung und Bruchstörung der Gesteine im Tertiär hat die Gebiete längs der Westküste von Spitzbergen stark geprägt.

Nördlich und nordöstlich des Kongsfjord bestehen die Gebirge aus Gneis, Migmatit und Granit, oft mit Einschaltungen aus Schiefern, Marmor und Quarzit. Östlich vom Magdalenefjord liegt der Hornemann-toppen-Granit, der steile Abhänge und Gebirgsflanken bildet. Die radiometrische Altersbestimmung des Granits ergab, dass das Gestein vor ca. 411 Millionen Jahren entstand.

Beim St. Jonsfjord treten Blauschiefer und Eklogite zu Tage. Diese Gesteine entstanden tief innerhalb der Erdkruste, in ca. 60-80



Die steilen, dunklen Bergrücken im Hintergrund bestehen aus metamorphen Kalksteinen, die zum Grundgebirge gehören. Die schräg-stehenden Gesteinsschichten im Vordergrund dagegen sind jüngere, devonische Sandsteine. Foto: W. Dallmann.



Verfaltete Kalksteinabfolge, Hornsund. Foto: W. Dallmann.

km Tiefe. Wenn man diese Gesteine heutzutage an der Oberfläche findet, so beruht das auf geologisch-dynamischen Prozessen, welche über Millionen von Jahren durch Hebung und Erosion die Gesteine aus der Tiefe der Erde an die Oberfläche gebracht haben.

Ny-Friesland

Die Festgesteine entlang der Ostküste des Wijdefjord bestehen aus Schiefen, Amphiboliten, Gneisen und Graniten. Die Gesamtgesteinsabfolge wird in fünf sogenannte Schubdecken, die aufeinander gestapelt sind, gegliedert. Jede Decke besteht aus granitischen Gneisen, die ca. 1750 Millionen Jahre alt sind und von jüngeren Schiefen überlagert werden. Der gesamte Deckenbau ist zu einer großen Falte, dem Atromfjella-Sattel, der sich ca. 150 km in Nord-Süd Richtung erstreckt, aufgefaltet.

In östlichen Teilen von Ny-Friesland und nordwestlichen Bereichen von Nordaustlandet, im Gebiet zwischen Lady Franklinsfjord und der Hinlopenstrasse, tritt ein mächtiges Schichtpaket zu Tage, welches aus Sedimenten des jüngsten Teils des Präkambriums, des Kambriums und des Ordoviziums besteht. Dieses Schichtpaket setzt sich aus Karbonatgesteinen, Sandsteinen, Quarzit und Tonschiefern zusammen und ist entlang Nord-Süd verlaufender Faltenachsen gefaltet.



Eklogit ist ein farbenreiches und markantes Gestein. Eklogite im St. Jonsfjord-Gebiet entstanden in großen Tiefen der Erdkruste (60-80 km) vor rund 470 Millionen Jahren. Foto: S. Elvevold.



Granatglimmerschiefer mit Lagen aus dunklem Amphibolit aus Ny-Friesland. Die Gesteine wurden während der Kaledonischen Gebirgsbildung deformiert und verfaultet. Foto: S. Elvevold.

Der Newtontoppen (1717 müNN), der höchste Berg Svalbards, besteht aus grobkörnigem Granit. Altersbestimmungen des Gesteins belegen, dass dieser Granit vor ca. 432 Millionen Jahren in die umliegenden Gesteine eindrang.

Nordautlandet

Auf Nordautlandet treten Festgesteine innerhalb der nördlichen Küstengebiete, in einem Bereich zwischen den großen Eiskappen Østfonna und Vestfonna zu Tage. Östlich vom Lady Franklinfjord bestehen die Festgesteine aus Granit, Augen-Gneis, Migmatit und vulkanischen Gesteinen. Auf der Botniahelvøya treten verschiedene Laven, vulkanische Brekzien und Ganggesteine, die vor ca. 800-900 Millionen Jahren entstanden, zu Tage. Auf der Ost- und Südseite vom Rijpfjord befindet sich der leicht zu erkennende Rijpfjordgranit. Als der Granit in das Umgebungsgestein eindrang, wurde dieses aufgeheizt und dadurch umgewandelt.



Granatglimmerschiefer, Ny-Friesland. Foto: S. Elvevold.



Grob-körniges, granitisches Ganggestein, das in einen feinkörnigen, metamorphen Sandstein intrudiert ist, Ny-Friesland. Foto: S. Elvevold.



Verfaltete Gneise aus dem Proterozoikum, Ny- Friesland. Foto: W. Dallmann.

Östlich vom Duvefjord bestehen die Gesteine hauptsächlich aus Migmatit, Gneis und Granit. Ein kleiner, aber geologisch interessanter Bereich ist Isispynnten. Hier finden sich vier Generationen von Gesteinen. Am ältesten ist ein Gneis, der von Amphiboliten durchsetzt ist, die wiederum von Graniten und Doleritgängen durchschlagen werden. Die jüngsten Gesteine bestehen aus rosafarbenen, granitischen Gängen, die dem Rijpfjordgranit ähneln.

Sedimentgesteine



Die Landschaft im Bereich des Woodfjord ist durch die deutliche, rote Farbe der devonischen Sedimente gekennzeichnet. Durch die Erosion der Ablagerungen entsteht feinkörniges Material, welches durch Flüsse in den Fjord transportiert wird, wo es das Meer ebenfalls rot färbt, wie hier im inneren Teil des Bockfjord.. Foto: W. Dallmann.

Nach dem Ende der kaledonischen Gebirgsbildung erfolgte im Devon die Erosion/Abtragung des neu entstandenen Gebirges. Enorme Mengen an Sand, Kies und Ton wurden in mächtigen Flusssystemen und auf dem küstennahen Meeresboden abgesetzt. Später, vom Karbon bis ins Tertiär, wurden die Sedimente während verschiedener Perioden erneut erodiert. Während des Karbons und des Perms wurden überwiegend marine Kalksteine, Ausfällungsgesteine (Evaporite) und andere Karbonatgesteine abgelagert, im Mesozoikum und im Tertiär überwiegend Sandsteine und Tonschieferschichten. Auf Spitzbergen bilden die Ablagerungen eine große, muldenförmige Struktur, die sich vom Isfjordgebiet nach Süden erstreckt, mit den jüngsten und obersten Schichten in der Mitte und den ältesten Ablagerungen an den Rändern.

Devon



Das Andrée Land, im nördlichen Teil von Zentral-Spitzbergen, wird über weiträumige Gebiete von mächtigen, auffallend roten und grün-grauen Ablagerungen aus dem Devon gekennzeichnet. Die Sedimente, die unter dem Begriff „Old Red Sandstone“ (alter roter Sandstein) zusammengefasst werden, bestehen überwiegend aus kontinentalen Siltsteinen, Sandsteinen und Konglome-



Fossile Fragmente eines Panzerfisches aus einem devonischen Sandstein. Diese Fossilien sind durch auffällig bläulich-graue Farben gekennzeichnet. Foto: A. Freiwald.

raten, in denen geringere Vorkommen von Tonsteinen und karbonatischen Sedimenten auftreten. Die rote Farbe der Gesteine wird durch einen relativ hohen Gehalt an Eisenoxyd (im Mineral Hämatit) verursacht und deutet darauf hin, dass die Sedimente während eines trockenen, wüstenähnlichen

Klimas abgelagert wurden. Die Sedimente wurden im Süßwasser und Brackwasser von Lagunen, Seen und in mächtigen Flussläufen abgesetzt. Sie repräsentieren die Erosionsprodukte des kaledonischen Gebirges und überlagern eine altertümliche Landoberfläche aus dem Silur.

Das Devon wird auch das Zeitalter der Fische genannt, die in Svalbard zum Teil hervorragend erhalten sind und die ersten bekannten Wirbeltiere repräsentieren. Die ersten Landpflanzen entwickelten sich ebenfalls im Devon. In Svalbard wurden Fossilien früher Sporenpflanzen gefunden, die an Flussufern und an den seichten Uferzonen von Seen wuchsen.



Karbon und Perm

Die Plateauberge beim Tempelfjord und Billefjord und viele Gebiete im nordöstlichen Spitzbergen bestehen aus Sedimenten der Karbon- und Permzeit. Die untersten, karbonischen Sandsteine weisen lokale Kohlevorkommen auf. Darüber lagern marine Sedimente, die aus fossilreichen Kalk- und Dolomitgesteinen mit weißen Lagen aus Gips und Anhydrit bestehen. Die letztgenannten Evaporite (Ausfällungsgesteine) bildeten sich unter warmen und trockenen Klimabedingungen durch die Ausfällung von Sulfatsalzen in Salzwasserlagunen, die langsam austrockneten.



Die Gipsvorkommen in der Skansbukta wurden während des 20. Jahrhunderts zweimal vergeblich versucht abzubauen. Foto: D. Blomeier.



Fossile, kolonie-bildende Korallen treten häufig in Kalksteinen aus dem Karbon auf. Foto: W. Dallmann.



Der Berg Tempel im innersten Teil des Isfjord besteht aus flach lagernden Sedimenten des Perms. Foto: W. Dallmann.

Gegen Ende des Perms waren Svalbard und die Barentssee einige Millionen Jahre lang Festland und Teil eines riesigen, zusammenhängenden Kontinents, der unter anderem Nordeuropa, Grönland und Nordamerika vereinigte.



Die russische Siedlung Pyramiden förderte Kohle aus Sedimenten des unteren Karbons. Die Siedlung wurde 1998 aufgegeben. Foto: C. Brodersen.



Triassische Sedimentabfolge, Hornsund. Foto: W. Dallmann.



Triassische Ablagerungen sind durch eine rote Farbe gekennzeichnet, während Sedimente aus dem Jura und der Kreide in blau gehalten sind.

Trias, Jura und Kreide

Die Ablagerungen aus dem Erdmittelalter deuten auf ein temperiertes und feuchtes Klima hin. Wiederum war das Svalbard-Gebiet vom Meer bedeckt, doch das Land hob sich während verschiedener Perioden über den Meeresspiegel, so dass sich Meeressedimente und Landablagerungen abwechseln. Die Gesteine aus diesem Zeitraum bestehen hauptsächlich aus Schiefen, Siltsteinen und Sandsteinen und treten hauptsächlich in Zentral- und Süd-Spitzbergen und auf den östlich vorgelagerten Inseln auf.

Während der Erdmittelzeit herrschte ein üppiges Tier- und Pflanzenleben. Da besonders die Kriechtiere zahlreich waren, wird diese Epoche oft das Zeitalter der Reptilien genannt. Marine Reptilien wie z.B. Fischeisaurier und Schwanenhalsechsen lebten in den Ozeanen, während Dinosaurier das Land bevölkerten. Auch werden Fossilien von Ammoniten, Muscheln und Pflanzenresten innerhalb der Ablagerungen dieser Zeitepoche gefunden. Aus der Trias und dem Jura stammen die Muttergesteine für Erdöl, so genannte Schwarzschiefer; allerdings wurden

bis heute keine ertragreichen Erdölvorkommen in Svalbard entdeckt.

Während der Kreidezeit endeten die stabilen tektonischen Verhältnisse in Svalbard und eine Periode, die von vulkanischer Aktivität entlang von neu entstehenden Störungssystemen geprägt war, begann. Gesteinschmelzen drangen in ältere Gesteine ein und kühlten als Doleritgänge ab. Auf Kong Karls Land wurde in mehreren Vulkanusbrüchen Basaltlava gefördert. Gegen Ende des Erdmittelalters war ganz Svalbard kontinentales Festland.



Der Dolerit (dunkler Horizont), der am Gipfel über den helleren Karbonatgesteinen aus dem Perm auftritt, schützt die unterlagernde Sedimentabfolge vor Erosion; Palanderbukta, Nordaustlandet. Foto: W. Dallmann.



Beide Seiten des Adventfjord setzen sich aus Ablagerungen der Kreide und des Tertiärs zusammen. Die Sedimente lagern nahezu horizontal in dieser Gegend. Foto: S. Elvevold.

Tertiär



Die Bewegungen innerhalb der Erdkruste, die gegen Ende des Erdmittelalters begannen, erreichten im Tertiär ihren Höhepunkt und führten entlang der Westküste von Spitzbergen zur Bildung einer Gebirgskette, die allerdings wesentlich weniger umfangreich als das alte kaledonische Gebirge war. Gesteinsarten aller Erdzeitalter wurden gefaltet und in mächtigen Schubdecken aufeinander geschoben, die heutzutage an vielen Bergflanken im Wedel Jarlsberg Land und Oscar II Land zu sehen sind. Diese Bewegungen wurden durch eine Drehung der Grönländischen Kontinentalplatte gegen Svalbard verursacht, während Svalbard am nördlichen Teil von Grönland vorbei driftete. Dieses geschah im Zusammenhang mit der Bildung des Atlantiks und des Nordpolarmeers.

Im Osten der neu entstandenen Gebirgskette, im Bereich des Isfjord und südlich davon, sank das Land ein und ein lang gestreckter, Nord-Süd verlaufender Meeresarm entstand, in dem Sandsteine und Tonschiefer mit örtlich auftretenden Pflanzenfossilien abgelagert wurden. In diesem Ablagerungsbereich, der das Tertiäre Zentralbecken genannt wird, befinden sich auch die meisten Kohlevorkommen Svalbards, die heutzutage in Longyearbyen, Sveagruba und Barentsburg abgebaut werden.

In der Mitte des Tertiärs fand im gesamten Nordatlantik eine neue, aktive vulkanische Phase statt. Lavaströme aus dieser Epoche sind in Andrée Land erhalten, wo relativ harte Plateaubasalte die Gipfel verschiedener Gebirgszüge und Hochplateaus bilden.

Quartär

Gegen Ende des Tertiärs wurde das Klima kälter. Die Erde befand sich auf dem Weg in eine neue Eiszeit und große Teile von Nordamerika, Nordeuropa, Südamerika und der Antarktis waren für lange Zeiträume von kilometerdicken Eismassen bedeckt. Auch Svalbard war zu dieser Zeit von einer großen Innlandeismasse überdeckt. Die wärmeren Perioden zwischen jeder Eiszeit dauerten 10.000-20.000 Jahre und waren durch ein temperiertes Klima und der Entwicklung einer Vegetation, vergleichbar mit der heutigen, charakterisiert. Geologen nehmen an, dass es zwischen 20 und 30 Eiszeiten mit wärmeren Interglazialzeiten während der letzten 2-3 Millionen Jahre gegeben hat.

Auf Spitzbergen finden sich die Relikte mehrerer Eiszeiten. Dennoch war die mit der letzten Eiszeit verbundene Erosion so stark, dass die meisten Ablagerungen und Spuren älterer Eiszeiten abgetragen oder überprägt wurden. Auch heutzutage befindet sich Svalbard noch unter eiszeit-ähnlichen Bedingungen, wobei über 60% der Landoberfläche des Archipels mit Gletschern bedeckt ist.

Plattentektonik

Die Kontinentaldrift

Die Erdkruste ist keine starre, zusammenhängende Schale, die das Erdinnere umgibt, sondern kann, vereinfacht dargestellt, in sieben große und mehrere kleinere Platten gegliedert werden, die sich gegeneinander bewegen. Diese Platten, die die Kontinente, den Meeresboden oder beides umfassen, bewegen sich auf dem plastischen, oberen Teil des Erdmantels. Der Antrieb dieser Plattenbewegungen (Kontinentaldrift) sind langsame Konvektionsströme innerhalb des Erdmantels. Die Theorie, die diese Bewegungen beschreibt, wird Plattentektonik genannt.

Die moderne Plattentektonik entstand aus der Theorie der Kontinentaldrift, welche von dem deutschen Meteorologen Alfred Wegener bereits im Jahre 1912 vorgeschlagt wurde. Aufgrund des Auftretens ähnlicher Fossilien, geologischer Formationen und dem Verlauf der Küstenlinien von Westafrika und dem Osten Südamerikas postulierte

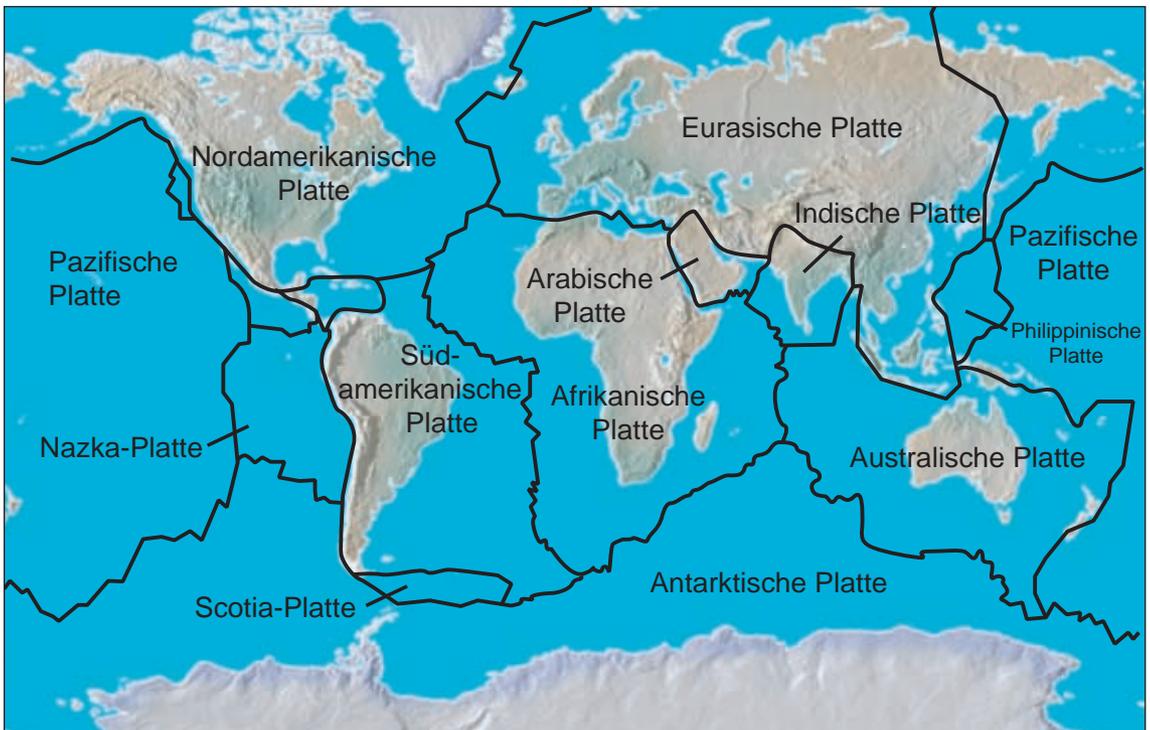
Wegener, dass die Kontinente einst vereint waren und später durch die Kontinentaldrift getrennt wurden. Allerdings hatte Wegener keine plausible Erklärung, die den Antrieb und die Dynamik die Bewegungen der Kontinente erklären konnte. Daher wurde diese Hypothese von anderen Geologen und Geophysikern lange Zeit nicht ernst genommen.

Gebirge entstehen, Gebirge vergehen

Erst in den 60er Jahren wurde eine plausible Erklärung für Wegeners Beobachtungen gefunden, und zwar am Meeresboden. Mit der Kartierung der Weltmeere wurden der Mittelatlantische Rücken und andere mittelozeanische Gebirge entdeckt und festgestellt, dass kontinuierlich neue Ozeankruste entlang dieser untermeerischen Gebirgsketten entsteht. Die Gebirge befinden sich über tief reichenden Bruchzonen (Riftzonen) im Erdkörper, an denen beständig neues Magma aus dem Erdmantel aufsteigt. Dieses erstarrt am Meeresboden zu festen Gesteinen und

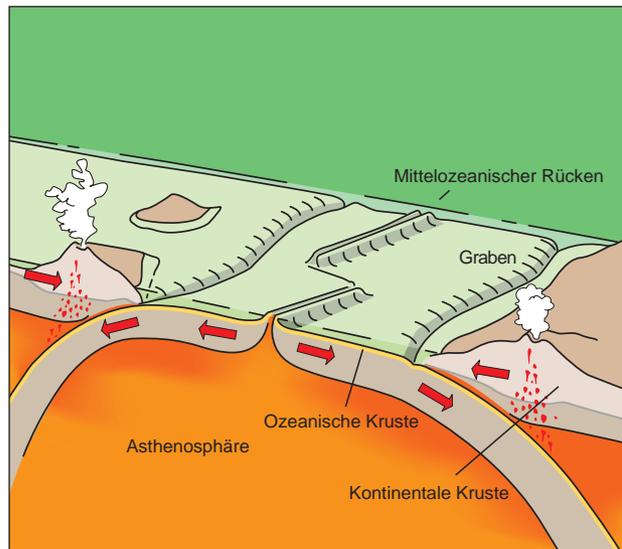
wird von dem nachfolgenden Magma an die Seite gedrängt, so dass die Platten auf beiden Seiten dieser so genannten Spreizungszonen auseinander driften (sea-floor spreading). Der mittelatlantische Rücken stellt dabei eine untermeerische Gebirgskette dar, die sich in der Mitte entlang des gesamten Atlantiks erstreckt. Im nördlichen Teil befindet sich die eurasische Platte auf der östlichen Seite und die nordamerikanische Platte auf der westlichen Seite des ozeanischen Rückens und beide Platten bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von 3-5 cm im Jahr voneinander weg. Entlang der mittelozeanischen Rücken treten neben intensivem Vulkanismus häufige, wenn auch relativ schwache, Erdbeben auf.

Entlang der mittelozeanischen Rücken entsteht beständig neue Ozeankruste. Da das Volumen und die Oberfläche der Erde indes konstant bleibt, bedeutet das, dass die Erdkrustenplatten in anderen Gebieten wieder zerstört werden müssen. Dieser Prozess



Die Erdkruste ist in verschiedene größere und kleinere Platten gegliedert. Geologische Phänomene wie Erdbeben und Vulkanismus treten hauptsächlich an den Plattenrändern auf. Zeichnung: A. Igesund

geschieht dort, wo sich die Platten gegeneinander bewegen. Wo eine Ozeanplatte mit einer Kontinentalplatte kollidiert, wird die Ozeanplatte aufgrund ihrer höheren Dichte (da sie aus Gesteinen mit einem größeren Gewicht besteht) unter die Kontinentalplatte gedrückt und ab einer bestimmten Tiefe durch die beständig zunehmende Erdwärme aufgeschmolzen. Daher sind diese Bereiche (Subduktionszonen) durch häufige Erdbeben und einem starken Vulkanismus gekennzeichnet. Diese Prozesse geschehen unter anderem rund um den Pazifik (auch ‚Ring of Fire‘ genannt). Andere Kollisionen sind zum Beispiel durch das Aufeinanderrücken von zwei gleich schweren Kontinentalplatten gekennzeichnet. Hier entstehen gewaltige Gebirge, da die Gesteine beider Platten unter kräftigen Erdbeben stark zusammengepresst, aufgefaltet und unter enormen Drücken und Temperaturen umgewandelt werden. Ein modernes Beispiel einer solchen Gebirgsbildung findet sich im Himalaya, wo die indische Platte mit der eurasischen Platte kollidiert.



Der äußere Teil der Erdkruste mit mittelozeanischen Rücken und Subduktionszonen. Zeichnung: A. Igesund

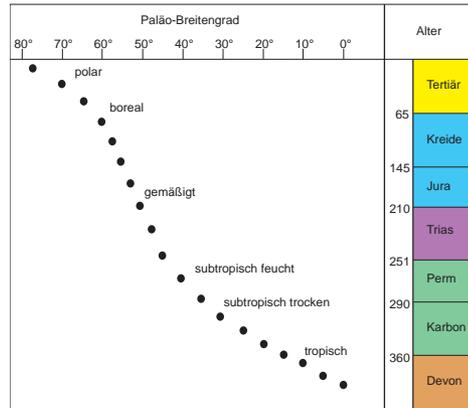


Faltung und bruchhafte Verformung der Gesteine haben ein komplexes Muster innerhalb dieser Bergflanke verursacht. Foto: W. Dallmann.

Gebirgsbildung in Svalbard

Svalbard bildet den nordwestlichen, über den Meeresspiegel aufragenden Teil der Barentssee, die wiederum Teil der eurasischen Erdkrustenplatte ist. Weiter im Westen beginnt die Tiefsee, die sich auf beiden Seiten des nordatlantischen Rückens zwischen Svalbard und Grönland erstreckt.

Während einer langen Periode, die vom Devon bis in die Kreidezeit andauerte, war Svalbard ein Teil des gewaltigen Old-Red Kontinents, der Nordamerika, Grönland und Eurasien miteinander vereinte. Der heutige, nordöstliche Teil von Grönland war nur ein paar hundert Kilometer von Svalbard entfernt und ein seichtes Meer (Schelfmeer) bedeckte Svalbard und Grönland während der meisten Zeit. An der Grenze zwischen Kreide und Tertiär begann die eurasische Platte sich von der nordamerikanischen Platte zu entfernen. Während der ersten Phase (Riftphase), in der Svalbard und die Barentssee an Grönland vorbei driften, wurde der grönländische Kontinent aufgrund von tektonischen Bewegungen in



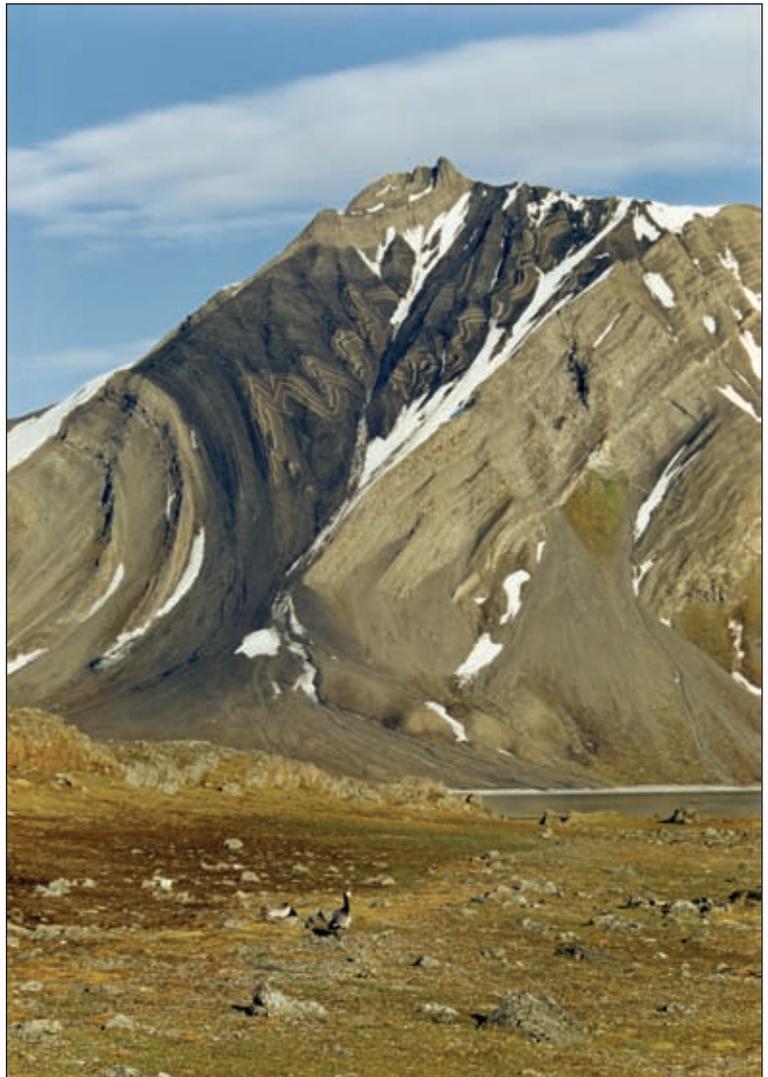
Die sedimentäre Schichtfolge Svalbards von devonischem bis tertiärem Alter zeigt, dass Svalbard im Laufe der Zeiten alle Klimazonen durchwandert hat. So waren die Verhältnisse um die Wende Devon-Karbon (vor etwa 360 Mill. Jahren) tropisch. Sedimente aus dem späten Karbon und Perm zeigen subtropisches Wüstenklima an, während im Erdmittelalter moderate Bedingungen geherrscht haben müssen. Diese Klimaänderung beruht darauf, dass Svalbard, an der Norwestecke der Eurasischen Platte liegend, sich von der Südhalbkugel über den Äquator nordwärts auf seine gegenwärtige polare Lage bewegt hat. Zeichnung: S. Elvevold



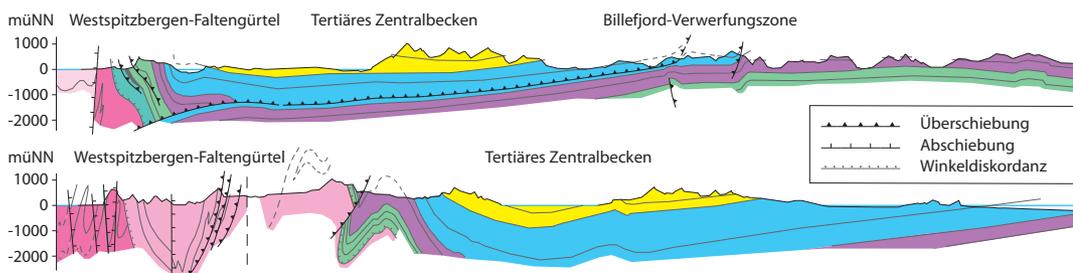
Verfaltete Ablagerungen in Hornsund. Die karbonischen bis triassischen Sedimentlagen wurden während der tertiären Deformation gefaltet. Foto: W. Dallmann.

der Labradorsee gegen Svalbard gepresst. Dieser Mechanismus hatte die Auffaltung und Aufschiebung der Gesteinsformationen entlang der Westküste Spitzbergens zur Folge, wobei die spitzen Bergketten entstanden. Dieser so genannte Tertiäre Falten­gürtel stellt das jüngste Gebirge in Svalbard dar.

Eine wesentlich ältere Gebirgskette ist das kaledonische Gebirge, welches vor rund 470-400 Millionen Jahren entstand. Dieses Gebirge bildete sich durch die Kollision zwischen dem nordamerikanischen-grön­ländischen Kontinent (Laurentia) und dem nordeuropäischen Kontinent (Baltika). Während der Kollision wurden die Fest­gesteine beider Kontinente zusammengepresst, aufgefaltet und in mächtigen Gesteins­decken übereinander gestapelt. Dieses führte zu einer Verdickung der Erdkruste innerhalb der Kollisionszone. Einige Gesteine wurden in die Tiefe gepresst und wandelten sich dort unter enormen Drucken und Temperaturen um. Die Reste des kaledonischen Gebirges befinden sich nicht nur in Svalbard, sondern ziehen sich durch das gesamte norwegische Festland und treten ebenfalls in Schottland und Ostgrönland zu Tage.



Stark verfaltete, triassische Sandsteine und Schiefer innerhalb des tertiären Falten­gürtels im Westen von Spitsbergen; Midterhukun. Foto: J.R. Eide



Schematische West-Ost Profile durch Spitzbergen. Die obere Abbildung zeigt ein geologisches Querprofil unmittelbar südlich des Isfjord. Die untere Abbildung zeigt einen Querschnitt von Dunderbukta bis Kvalvågen. Die Farben entsprechen der stratigraphischen Tabelle der geologischen Karte auf S. 34. Die Querschnitte zeigen, dass die Westküste von Spitzbergen aus stark verkippten Abfolgen des Grundgebirges und Sedimenten aus dem Karbon, Perm, Trias, Jura und der Kreide bestehen, die stark ver­falt­et und gegeneinander aufgeschoben sind. Horizontal lagernde, tertiäre Schichten treten östlich des Falten­gürtels zu Tage. Zeichnung: W. Dallmann

Fossilien



Fossile Blattabdrücke. Diese hübschen Fossilien von Laubbäumen stammen aus tertiären Ablagerungen um den Isfjord. Pflanzen aus dem Tertiär ähnelten eher der modernen Flora als den Pflanzen aus dem Karbon oder älteren Zeitabschnitten. Foto: D. Blomeier

In Svalbard finden sich 300-400 Millionen Jahre alte Pflanzenfossilien, die typisch für tropische Bereiche sind. Durch das Studium von Fossilien konnten Forscher große Teile der Entwicklung des Lebens (Evolution) auf der Erde, beginnend vor 3000 Millionen Jahren, nachvollziehen. Der überwiegende Teil der Fossilien stammt jedoch aus dem Kambrium und späteren Epochen, das heißt, ist jünger als 542 Millionen Jahre.

Fossilien belegen Veränderungen des Klimas und der Umweltbedingungen und ermöglichen die direkte Datierung von den Gesteinen, in denen sie auftreten. Man weiß zum Beispiel, dass die Dinosaurier in der Erdmittelzeit lebten, d.h. während der Trias, des Jura und der Kreide. Wenn Fossilien von Dinosauriern innerhalb eines Gesteins gefunden werden, muss dieses aus derselben Periode stammen. Verschiedene Fossilien sind für unterschiedliche Altersperioden kennzeichnend. Fossilien, die lediglich während einer kurzen Periode existierten, in dieser allerdings massenweise auftreten, werden Leitfossilien genannt.

In Svalbard und in den Sedimenten auf dem Meeresboden der Nordsee, des norwegischen Kontinentalschelfs und der Barentssee treten Fossilien aus allen Perioden, vom Kambrium bis in die Jetztzeit, auf.

Die ältesten Fossilien in Svalbard sind Stromatoliten, fossile Algenkolonien, die auf dem Boden eines seichten Meeres (Schelf) existierten. Diese Versteinerungen wurden in Dolomitgesteinen aus der Erdurzeit gefunden.

Die Dreilappkrebse oder Trilobiten (*Trilobita*) sind Leitfossilien aus dem Kambrium



und Ordovizium und werden zu den Gliedertieren, die auf dem Meersboden lebten, gerechnet. Andere Fossilien aus Gesteinen des Kambriums und Ordoviziums sind unter anderem Graptolithen (*Graptolitoida*), die eine ebenfalls ausgestorbene Tiergruppe darstellen und zum Teil sägeblattartige Kolonien bildeten.

Das Devon wird auch das Zeitalter der Fische genannt. In Svalbard wurden Fossilien von zwei Großgruppen von Urfishen gefunden. Während die *Agnatha* oder Kieferlosen am Ende des Devons ausstarben, zählen die *Gnathostomata* zu den direkten Vorfahren der Wirbeltiere. Die Gruppe beinhaltet die Knorpelfische, zu deren heutigen Vertretern die Haie und Rochen zählen,

die Panzerfische und die Knochenfische, aus denen sich alle anderen Fischarten und im späteren Verlauf auch (aus den Quastenflossern) die ersten Landwirbeltiere entwickelten. Innerhalb devonischer Sedimente treten ebenfalls die Reste erster primitiver Gefäßpflanzen (Nacktpflanzen) auf, die zunächst den Küstensaum der Festlandsgebiete besiedelten. Fischknochen und Fischzähne wurden in Svalbard auch in Ablagerungen aus anderen Zeitaltern, wie zum Beispiel der Trias, gefunden.

Die Pflanzen hatten ihre Blütezeit im Karbon. Wälder, die aus hoch aufragenden Gefäßsporenpflanzen (Vorfahren unserer heutigen Farne, Schachtelhalm- und Bärlappgewächse) bestanden, bedeckten weite Teile Svalbards, das zu dieser Zeit ein Teil der zusammenhängenden Landmasse von Europa und Nordamerika (Old Red Kontinent), war. Diese Wälder sind der Ursprung einiger Kohlevorkommen in Svalbard. Typische Fossilien sind Stammfragmente von Siegelbäumen (*Sigillaria*).

Brachiopoden oder Armfüßer (*Brachiopoda*) sind Schalentiere, welche äußerlich Muscheln ähneln, aber häufig mit einem fleischigen Stiel fest auf dem Meersboden verankert waren. Armfüßer existieren seit dem Kambrium. Speziell gut erhaltene Exemplare sind in Svalbard in Ablagerungen



Die ältesten Fossilien auf Svalbard sind Stromatoliten. Diese sind als dom-förmige Kalkstrukturen erhalten, die einstmals von Algen abgeschieden wurden. Foto: W. Dallmann

Fakten

Was sind Fossilien?

Fossilien sind Versteinerungen, Abdrücke oder Spuren vorzeitlichen Lebens, von Tieren oder Pflanzen, die in Ablagerungsgesteinen erhalten geblieben sind. Fossilien umfassen Schalenreste, Skelette oder einzelne Knochen, Pflanzenreste und Abdrücke oder Spuren verschiedener Organismen, wie Grabgänge, Fußabdrücke oder Exkremente. Pflanzen sind eher selten vollständig erhalten, aber Abdrücke und inkohlte Reste einzelner Blätter oder Stängel treten häufig auf.

Fakten

aus dem Karbon und Perm erhalten. Aus dem oberen Teil des Perms treten ebenfalls viele gut erhaltene, fossile Kieselschwämme (*Demospongia*) und Moostiere (*Bryozoa*) auf.

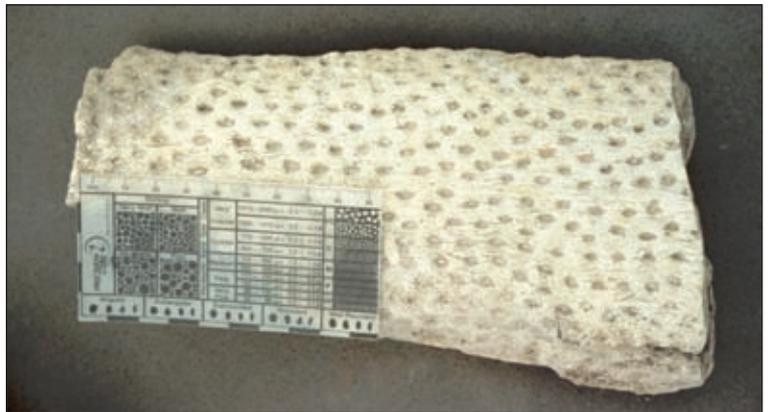
Das Erdmittelalter war das Zeitalter der Weichtiere (*Mollusca*), zu denen die Muscheln, Schnecken aber auch Ammoniten und Belemniten zählen. Während des Jura und der Kreide waren die Ammoniten (*Ammonoidea*) zahlreich in den Weltmeeren vertreten und entwickelten sich in rasch wechselnder Vielfalt, so dass sie zur zeitlichen Gliederung der Sedimente dieser Zeitalter benutzt werden (Leitfossilien). Ammoniten gehören zu den Kopffüßern (Tintenfische) und hatten schneckenartig aufgerollte Gehäuse mit charakteristischen Mustern, die gut im fossilen Zustand erhalten sein können.

Das Erdmittelalter war auch das Zeitalter der Saurier. Diese Echsen erreichten zum Teil enorme Ausmaße und bevölkerten sowohl die Kontinente, als auch die Meere und beherrschten sogar den Luftraum. Aus Svalbard sind verschiedene Skelette von Schwanenhalsechsen (*Plesiosaurus*) und Fischechsen (*Ichthyosaurus*) und Fußabdrücke anderer Arten gefunden worden. Im Jahre 1960 wurden eine Reihe großer Echsenfußspuren am Grönfjord, in der Umgebung des Isfjord entdeckt. Die Fußspuren, die auf den Oberflächen steil stehender Sedimentbänke erhalten sind, zeigen, dass die Echsen einen drei-zehigen Fuß besaßen. Die Abdrücke sind ca. 75 cm lang und im Bereich der vorderen Zehen ungefähr genauso breit. Die Spuren stammen von einem nahen unbekanntem Verwandten des Iguanodons.

Eine weitere wichtige Fossilgruppe stellen die Muscheln (*Bivalvia* oder *Lamellibranchia*) dar, die schon im Erdaltertum auftraten und bis in die heutige Zeit existieren. Spezielle wissenschaftliche Bedeutung haben die Muscheln während der Eiszeiten und den dazwischen liegenden Warmzeiten, da sie als Klimaindikatoren benutzt werden können.



Armfüßer (*Brachiopoda*). Foto: B. Frantzen



Der fossile Stamm eines Siegelbaumes stammt aus karbonischen Ablagerungen aus dem Osten Spitzbergens. Foto: D. Blomeier



Fossile Reste eines ursprünglich, ca. 10 m langen marinen Reptils (*Ichthyosaurus*) wurden kürzlich in triassischen Sedimenten auf der Nordseite des Isfjord gefunden. Foto: J. Ziegler

Vulkane und warme Quellen



Halvdanpiggen ist der Rest eines vulkanischen Schlotens. Das vulkanische Gestein ist von roten Sedimenten aus dem Devon umgeben.
Foto: W. Dallmann

Im Laufe von Svalbards geologischer Geschichte gab es viele Perioden mit vulkanischer Aktivität. Innerhalb des präkambrischen Grundgebirges treten umgewandelte Lavaströme und andere vulkanische Gesteine auf. Zwischen dem Hornsund und dem Gletscher Torellbreen (westliches Spitzbergen) und auf der Botnia-Halbinsel (Nordaustlandet) treten deformierte Reste ganzer Vulkansysteme zu Tage. Ein geschultes geologisches Auge ist notwendig um diese Gesteine als solche zu identifizieren, da sie durch Umwandlung, Deformation und Erosion stark verändert wurden. In Svalbard finden sich jedoch auch junge vulkanische Gesteine, die leichter zu erkennen sind.

Vulkanismus vor 145-115 Millionen Jahren

Im inneren Bereich vom Isfjord, um den Storfjord und entlang der Hinlopenstraße treten dunkle, massive Gesteinshorizonte mit rostigen Verwitterungsfarben zwischen den helleren Sedimentschichten zu Tage. Die Mächtigkeit der dunklen Lagen variiert stark zwischen einigen Dezimetern und mehreren zehner Metern. Die Lagen sind überwiegend parallel zu den Sedimenten orientiert, durchschlagen diese aber auch örtlich oder verzweigen sich. In einigen Bereichen schneiden sie sogar senkrecht durch die Sedimentabfolgen hindurch. Diese Gesteine sind Dolerite, ein vulkanisches

Ganggestein. Der Unterschied zwischen Basaltlava und Dolerit ist, dass die Lavaströme an der Erdoberfläche abkühlten und auskristallisierten, während der Dolerit aus Gesteinschmelzen entstand, die zwischen andere Gesteinsschichten drangen und unterhalb der Erdoberfläche, einige Kilometer tief innerhalb der Erdkruste, abkühlten.



Die dunklen, horizontal verlaufenden Lagen sind Lagergänge (Sills) aus Dolerit, welcher auf Spalten parallel zu den weißlichen Kalkschichten intrudiert ist, Lomfjord. Foto: D. Blomeier



Tertiäre Lavaströme im oberen Bereich des Berges überlagern devonische Ablagerungen, Woodfjord. Foto: W. Dallmann



Säulenartige Kluftbildung in Basalt, Kong Karls Land. Foto: G. B. Larsen

Auf Kong Karls Land floss eine Gesteinsschmelze an der Erdoberfläche aus und erstarrte als dunkle Basaltlava. Diese findet sich nun in den höheren Bergabschnitten und weist eine deutliche Struktur, die aus sechskantigen Säulen besteht, auf. Die Basaltsäulen entstehen durch die polygonale Aufspaltung während der Abkühlung der Schmelzen, eine typische Struktur für Basalt.

Die oben beschriebenen Gesteinsarten entstanden während der Jura und der Kreide durch Zerrbewegungen in der Erdkruste, in Verbindung mit einer Bruchspaltenbildung (dem Rifting im Zusammenhang mit der Kontinentaldrift), die die Entstehung des Atlantiks zur Folge hatte (siehe Kapitel Plattentektonik).

Vulkanismus vor 25-10 Millionen Jahren

In Nord-Spitzbergen, zwischen Dicksonfjord, Woodfjord und Wijdefjord, liegen ausgedehnte Gebiete, die durch rotbraune devonische Sandsteinablagerungen gekennzeichnet sind. Viele Berggipfel in dieser Landschaft weisen eine Kappe aus Lavagestein auf, das bis zu 400 m dick werden kann und die unterlagernden Sandsteine vor der Abtragung bewahrt. Diese fossilen Lavaströme flossen auf einer so genannten Peneplain, einer ehemaligen, leicht welligen Landschaftsoberfläche, die heutzutage seicht nach Norden einfällt, aus. Die Lavaströme, die vor ca. 25-10 Millionen Jahren an die Erdoberfläche aufdrangen, folgten dem Verlauf der damaligen, seichten Täler. Da sich das Land seit dem gehoben und leicht schräg gestellt hat, bildeten sich in der Zwischenzeit neue Bergeinschnitte.

Bis zu 20 einzelne, aufeinander folgende Lavaströme konnten unterschieden werden. Einige weisen die typische Säulenstruktur von Basaltlaven auf.

Vulkanismus vor 1 Million – 100 000 Jahren

Die letzte Periode mit vulkanischer Aktivität fand während der Eiszeiten, höchstwahrscheinlich in einer Periode zwischen einer Million und 100.000 Jahren in der Umgebung des Bockfjords statt. Diese und die älteren Tertiären vulkanischen Erscheinungen (Plateaubasalte) hängen mit einem sogenannten „hot spot“ Mechanismus zusammen, einer Aufdomung im Erdmantel, die unter dem Meeresboden des Yermak-Plateaus nördlich von Nordwest-Spitzbergen liegt.

Einige Reste des quartären Vulkanismus sind erhalten geblieben. Der am leichtesten zugängliche Vulkan ist Sverrefjellet (506 m), westlich vom Bockfjord. Die typische Kegelform des Berges erinnert weiterhin an einen Vulkan, selbst wenn dieser durch die Gletscher verschiedener Eiszeiten stark abgetragen wurde. Sowohl Lava, vulkanische Asche als auch ein Teil der Vulkanschote sind erhalten geblieben. In der näheren Umgebung von Sverrefjellet finden sich außerdem mehrere Thermalquellfelder, deren Wasser eine konstante Temperatur von bis zu 24 °C aufweist. Bei Trollkjeldene, den Thermalquellen am Bockfjord, treten überdies gut entwickelte Sinterterrassen aus Kalkstein auf.

Halvdanpiggen, zwischen dem Bockfjord und dem Woodfjord gelegen, ist der Rest eines vulkanischen Schlotes. Er ragt wie eine Nadel vertikal in den Himmel und beherbergt eine Seemöwenkolonie.



Sverrefjellet im Bockfjord besteht aus den Resten eines Vulkans, der im Quartär ausbrach. Foto: W. Dallmann



Thermalquellen, Trollquellen. Foto: S. Elvevold



Die Sinterterrassen der Trollquellen bestehen aus Kalkstein, der aus dem warmen Wasser der Thermalquellen stammt. Foto: W. Dallmann

Die Eiszeit

Svalbards Landschaft, wie sie heute besteht, ist größtenteils in der Quartärzeit, welche das jüngste aller Erdzeitalter ist und in dem wir uns immer noch befinden, geformt worden. Zu Beginn des Quartärs lagen Svalbard und der Meeresboden der Barentssee einige hundert Meter höher als heute und waren trockene Landoberfläche, die sich von Svalbard über Norwegen nach Russland erstreckte. Im Quartär war Svalbard mehreren Vereisungen ausgesetzt. Die Lockersedimente, die während und nach der letzten Eiszeit entstanden, sind hauptsächlich unverfestigte Moränen, Flussablagerungen, Strandablagerungen, Geröll und grobes Blockwerk.

Das Land steigt aus dem Meer

Ganz Svalbard, eventuell mit Ausnahme einiger Berggipfel, war mindestens einmal im Quartär von gewaltigen, bis zu vielen 100 m mächtigen Inlandeismassen bedeckt. Dabei befand sich der dickste Teil der Eisdecke über dem östlichen Gebiet von Svalbard, bei Kong Karls Land. Als das Klima milder wurde und das Eis anfang abzuschmelzen, stieg die Erdkruste durch das reduzierte Gewicht der abgeschmolzenen Gletscher wieder empor und dort, wo das Eis am dicksten war, hob sich das Land am meisten (isostatisches Gleichgewicht). Bei Kong Karls Land zum Beispiel, hat sich das Land in den letzten 10.000 Jahren um ca. 130 m gehoben. Die Spuren dieser isostatischen Landhebung sind an vielen Küsten von Svalbard weit verbreitet und zeigen sich als Abfolge von Strandlinien. Strandlinien entstehen, wenn das Meer über einen längeren Zeitraum in der gleichen Position verbleibt und eine Küste formt. Die gewöhnlichsten Landschaftselemente, die in der Gezeitenzone entstehen, sind Strandterrassen und Strandwälle. Einzelne Strandterrassen enthalten Muscheln, zum Beispiel Miesmuscheln, welche wärmeres Wasser zum Überleben benötigen als es zur Zeit in diesen Bereichen vorkommt. Zusammen mit Untersuchungen an Pollen (Palynologie), welche in kontinentalen Seeablagerungen und in Torfhorizonten gefunden wurden, beweisen die Funde, dass das Klima in Perioden nach der letzten Eiszeit wärmer war als heutzutage.

Permafrost

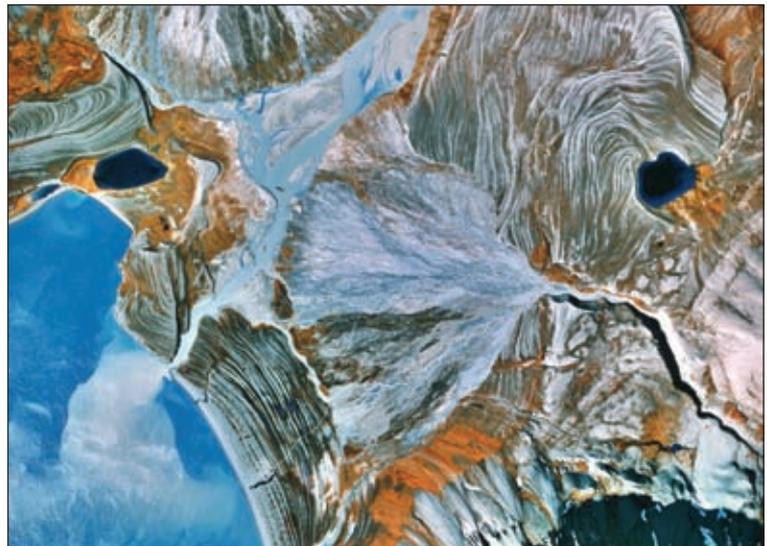
Die Luftfotographie von Gipsvika im Sassenfjord zeigt ehemalige, emporgehobene Strandlinien. Bereiche mit Vegetation sind in dem Bild in orangen Farbtönen dargestellt.

Die Landschaften außerhalb der vergletscherten Gebiete unterliegen kontinuierlichem Permafrost (ein Untergrund, der das ganze Jahr hindurch eine Temperatur von unter 0°C aufweist), dessen Mächtigkeit innerhalb der obersten Erdschicht zwischen 0 m an der Küste und bis zu 500 m innerhalb höherer Bergbereiche variieren kann. In den meisten Gebieten tauen nur die obersten 1-1,5 m der Erdoberfläche im Sommer auf (Auftauboden). Permafrost hat eine große Bedeutung für alle Prozesse, die in und auf der Erdoberfläche wirken, hauptsächlich da das Wasser nicht versickern kann und sich

auf oder in oberflächennahen Bereichen in geringmächtigen Horizonten oder Linsen sammelt, die im Laufe des Sommers auftauen.



Kronebreen. Foto: O. Brandt.



Gletscher

Ungefähr 60 % der Landoberfläche Svalbards sind mit Gletschern bedeckt. Große Gletscherbereiche befinden sich hauptsächlich in den nordöstlichen Teilen des Archipels, von denen die Eiskappe Ostfonna auf Nordaustlandet der größte ist. An der Westküste Spitzbergens, an der die Ausläufer des warmen Golfstromes entlang ziehen und milde Luftmassen aus dem Süden auf das Land treffen, befinden sich weiträumige, nahezu eisfreie Bereiche.

Im Laufe der letzten Jahrzehnte haben sich Svalbards Gletscher stark zurückgezogen. Dabei weisen sie ein bestimmtes Bewegungsmuster auf, das sich in plötzlichen Bewegungen mit bis zu 100-facher Geschwindigkeit zeigt. Dieser Prozess führt dazu, dass die Gletscherfront innerhalb von 1-3 Jahren bis zu mehrere Kilometer nach vorne wandern kann. Solche Vorschübe werden „surge“ (englisch) genannt und sind bei vielen Gletschern in Svalbard dokumentiert.



Foto: D. Blomeier.



Auf Svalbard herrschen noch immer Eiszeit-ähnliche Verhältnisse. Mehr als 60 % der Landoberfläche ist von Eis bedeckt. Der Brepollen im Hornsund ist von mehreren großen Gletschern umgeben, die ins Meer kalben. Foto: W. Dallmann

Landschaftsformen



Foto: S. Elvevold.

Svalbard weist eine Reihe imposanter Gebirge und spektakulärer Landschaften auf. Die West- und Nordwest-Küste Spitzbergens wird von alpinen Landschaftsformen beherrscht, die sich durch steile, hoch aufragende Berge mit spitzen Gipfeln auszeichnen. In den zentralen Teilen von Spitzbergen herrschen dagegen eher Tafelberg- oder Plateau-ähnliche Bergformen vor. Grundsätzlich sind die Formen überwiegend von der Zusammensetzung und dem strukturellen Aufbau der Festgesteine abhängig. Alpine Landschaftsformen entstehen dort, wo das Festgestein aus resistenten (harten) Gesteinsarten wie Gneisen und Graniten besteht. In den Bereichen, in denen sich das Festgestein überwiegend aus flach lagernden Sedimenten zusammensetzt, entstehen bevorzugt Plateauberge. Diese Plateaus sind oftmals aus Schichten harten Gesteins geformt. Ein Beispiel ist der Plateauberg Tempel am Isfjord. Berge mit einer eher pyramiden-ähnlichen Form, wie die Tre Kroner östlich von Ny-Ålesund, entstehen unter dem lang andauernden Einfluss der Erosion. Lockergesteine bilden Fächer aus grobem Geröll, während steile Bergflanken und Abhänge bevorzugt bei harten Festgesteinen entstehen. Die Plateauberge sind oftmals durch breite Täler voneinander getrennt, die von Gletschern geformte, weite und flache Talsohlen aufweisen (U-Täler). Kleinere Täler weisen oftmals deutliche V-Formen im Querprofil auf, die vorwiegend durch fließendes Wasser geschaffen wurden.

Von Gletschern gestaltete Landschaftsformen

Gletscher sind zu einem großen Teil an der Gestaltung der Landschaft beteiligt und ihre Spuren können überall beobachtet werden. Findlinge sind große Steinblöcke, die in oder auf einem Gletscher transportiert wurden. Wenn der Gletscher abschmilzt, bleiben diese Blöcke in der Landschaft zurück. Wo Gletscher über Felsen geglitten sind, kann man Gletscherschrammen sehen. Das Gesteinsmaterial, welches durch Gletscher aufgenommen und transportiert wird, wird in Moränen wieder abgelagert. Es gibt verschiedene Typen von Moränen, zum Beispiel Endmoränen, Seitenmoränen, Randmoränen, Stauchmoränen oder Mittelmoränen. Lockersedimente wie Ton, Sand und Kies können sich auf, in oder unter den Gletschern absetzen. Sander (von isländisch sandur) sind Gletscherflussablagerungen auf einer breiten Ebene vor dem Gletscher. Wo Gletscherflüsse in kleinere Seen oder ins Meer münden, werden die mitgeführten Sedimente in Flussdeltas abgesetzt.

Permafrost und Frostprozesse

Ein Pingo (Inuktitut [eskimoisch] für kleiner Hügel) ist eine kegelförmige Anhöhe aus Bodenmaterial mit einem Kern aus Eis. Wie bei einer gefrorenen Quelle dringt Grundwasser aus tieferen Bereichen unterhalb der Permafrostschicht auf. Dieses gefriert kurz unterhalb der Erdoberfläche, so dass sich ein massiver Eiskörper bildet, der zur Aufwölbung des sonst flachen Talbodens führt. Diese Hügel können eine Höhe von



„Tre Kroner“ von Ny-Ålesund aus gesehen. Die unteren Hänge bestehen aus roten, devonischen Sandsteinen, die Gipfel aus hellen Kalksteinen des Karbons. Foto: W. Dallmann



Mittelmoränen wie diese entstehen, wenn sich zwei Gletscher zu einer großen Eiszunge vereinen. Foto: W. Dallmann



Moränenlandschaft, Motalafjella. Foto: S. Elvevold

bis zu 40 m erreichen. In Svalbard sind ca. 80 Pingos registriert, von denen sich viele in den großen Tälern in Zentral-Spitzbergen befinden (Adventdalen, Reindalen, Kjellströmdalen).

Frostmusterböden sind durch ungewöhnliche Strukturen gekennzeichnete Böden, die in fast allen Permafrostgebieten auftreten. Diese Bereiche sind durch Polygone oder Kreis- und Streifenmuster aus Steinen gekennzeichnet, die durch das wiederholte Frieren und Auftauen des Bodenwassers und dem damit verbundenen Materialtransport unterschiedlich großer Komponenten entstehen. Steinringe, die einen Durchmesser von bis zu 3 m erreichen, können sich durch das langsame hangabwärts Gleiten auf einer von Bodenfließen (Solifluktion) betroffenen Bodenfläche zu so genannten Halbmonden oder Steinstreifen verformen.

Svalbards Bergwelt ist stark durch die Wirkung des Frostes geprägt und weist oftmals mächtige Geröllkegel auf. Dort, wo die losgewitterten Steine nicht niederstürzen, auf leicht abfallenden Abhängen oder auf flachen Bergplateaus, bildet sich grobes Blockwerk. Härtere Gesteine erzeugen große, oft scharfkantige Blöcke, während zum Beispiel weichere Schiefer aufquellen und zu mineralienreichen Böden verwittern.



Ein Findling ist ein ortsfremder Felsblock, der durch Eis von seinem Ursprungsort bis zu seinem heutigen Fundort transportiert worden ist. Foto: W. Dallmann



Pingo im Reindalen. Foto: W. Dallmann



Durch sogenannte "Steinringe" geprägte Landschaftsoberfläche. Foto: O. Salvigsen



Strandterrassen, Tempelfjorden. Foto: D. Blomeier



Eine Endmoräne hat sich hinter dem Endteil eines Gletschers gebildet. Foto: W. Dallmann



Bildbreite: 25 cm
Kleinmaßstäbliche Ablagerungsprozesse können Strukturen erzeugen, die ausgedehnten Landschaftsräumen ähneln. Das Bild zeigt die Bildung einer steilen Schlucht (rechts), deren erodiertes Material in einem halbkreisförmigen Delta wieder abgelagert wird. Foto: D. Blomeier

Kohle



Das Seilbahnsystem wurde zum Transport der Kohle von den Gruben nach Longyearbyen und zum Hafen genutzt. Foto: Norsk Polarinstitut

Im Jahre 1899 brachte das Eismerschiff „Søren Zachariassen“ 60 m³ Qualitätskohle aus dem Gebiet des Isfjord mit zurück auf das Festland. Damit wurde klar, dass in Svalbard große Kohlevorkommen existieren und bereits kurze Zeit später entwickelte sich ein großes Interesse an Svalbards Kohle- und Mineral-Vorkommen. Bis 1906 waren rund um Longyearbyen viele Gruben in Betrieb,



Das Bergwerk „Sveagruva“ liegt im inneren Bereich vom Van Mijenfjord. Foto: S. Gerland

zuerst unter amerikanischer Führung, seit 1916 aber durch das norwegische Unternehmen Store Norske Spitsbergen Kulkompani A/S.

Kohle aus Farnwäldern

Während des Übergangs vom Devon zum Karbon, vor ca. 360 Millionen Jahren, befand sich der Teil der Erdkruste, der später Svalbard und die Barentssee wurde, innerhalb der tropischen Zone nördlich des Äquators. Am Anfang des Karbons sanken weite Teile des Landes ein und wurden vom Meer überflutet.

Die neuen Meeresbereiche waren relativ flach. Es existierten ausgedehnte Gezeitebenen und Flussebenen mit mäandrierenden und verzweigten Flussläufen. Eine fruchtbare Waldvegetation bildete sich in diesem Tiefland. Allerdings waren die Pflanzen von der Fauna unserer heutigen Wälder sehr verschieden. Im Karbon existierten hauptsächlich Gefäßsporenpflanzen (Farne, Bärlapp- und Schachtelhalmgewächse), die Höhen bis zu mehreren zehner Metern erreichten.

Diese Wälder wurden mehrfach überschwemmt, wie unsere heutigen Mangrovensümpfe, und großflächige Wälder ertranken. Das verrottende, organische Material der toten Wälder, welches das Ausgangsmaterial der heutigen Kohlenflöze bildete, wurde unter großen Mengen von Sand und Ton begraben.

Ökonomisch abbaubare Kohlevorkommen aus dem Karbon treten im nördlichen Teil des Billefjords auf. Die schottische Edinburgh-Expedition betrieb schon relativ frühzeitig im 20. Jahrhundert die versuchsweise Förderung bei Brucebyen. Lediglich die russische Grube bei Pyramiden erwies sich über einen längeren Zeitraum als erfolgreich, obwohl diese in einer strukturell-geologisch ungünstigen Position liegt. Die Mine, die im Jahre 1998 geschlossen wurde, produzierte ca. 9 Millionen Tonnen Kohle nach dem zweiten Weltkrieg.



Modere Kohlenförderung in dem Bergwerk "Sveagrava". Foto: A. Taurisano

Kohle aus Laubwäldern

Am Anfang des Tertiärs, vor ca. 65 Millionen Jahren, waren die Umweltbedingungen im Vergleich zum Karbon sehr unterschiedlich. Svalbard befand sich zu dieser Zeit ungefähr auf dem 60. nördlichen Breitengrad, doch das globale Klima auf der Erde war generell wärmer. Laubbäume, die den jetzigen in Mitteleuropa ähneln, dominierten die Wälder.

Wie oben erwähnt (siehe Kapitel um Sedimentgesteine im Tertiär) entstand das Tertiäre Zentralbecken zu dieser Zeit. Die damalige Landoberfläche bestand aus flachen Ebenen mit Waldvegetation, Mooren und Flüssen, welche immer wieder in unregelmäßigen Zeitabständen vom Meer überflutet wurden.

So wurde die verfaulende, organische Materie der versunkenen Vegetationsdecke nach und nach unter großen Massen von Lockersedimenten begraben, welche aus Hochgebieten im Norden und Osten herangetragen wurden. Die organischen Ablagerungen waren das Ausgangsmaterial für die Kohlenflöze, welche in Longyearbyen, Grumantbyen, Barentsburg, Sveagrava und Ny-Ålesund abgebaut wurden oder werden.

Zurzeit wird Kohle lediglich in Barentsburg (russisch), Longyearbyen und Sveagrava (norwegisch) abgebaut. Die Minenstadt Barentsburg, welche 1932 gegründet wurde, hat bis zu 250.000 Tonnen Kohle pro Jahr produziert, aber die Ausbeute ist in den letzten Jahren ständig gesunken. Seit 1906 sind rund um Longyearbyen während verschiedener Zeiten unterschiedliche Minen in Betrieb gewesen. Die Gesamtproduktion aller Gruben ist bislang etwa 22 Millionen Tonnen. Mittlerweile ist nur noch Grube 7 in Betrieb, deren Stollen, die parallel zu den Kohlenflözen verlaufen, mit 1-2 Grad einfallen. Die Grube Svea Nord liegt im Zentralfeld, dem größten Kohlevorkommen auf Spitzbergen. Nach Berechnungen der Firma Store Norske kann die Mine 32 Millionen Tonnen Kohle produzieren. Das

Fakten über Kohle

Kohle ist ein brennbares, organisches Gestein, welches durch die Anreicherung und Umwandlung von organischem Material innerhalb bestimmter Ablagerungen entsteht. Es gibt Braunkohle, Steinkohle und Anthrazit. Um ein Gestein Kohle zu nennen, muss es mindestens zu 55 % aus Kohlenstoff (Karbon) bestehen. Steinkohle, die in Svalbard vorkommt, hat 75-90 % Karbon.

Natürliche Kohle tritt in Linsen, Taschen oder in Lagen (Kohlenflöze) innerhalb anderer Sedimente auf. Einzelne Kohlenflöze können bis zu mehrere Meter Mächtigkeit aufweisen. Bevor

bestimmte Kohlenflöze als abbauwürdig gelten, müssen sie eine bestimmte Ausdehnung, Mächtigkeit und Zugänglichkeit aufweisen, die den Abbau im Verhältnis zur jeweiligen Infrastruktur und dem aktuellen Kohlenpreis rentabel erscheinen lassen.

Das Ausgangsmaterial für die Bildung von Kohle ist Torf und anderes teilweise umgewandeltes Pflanzenmaterial. Die Inkohlung erfolgt über Millionen von Jahren durch das Gewicht überlagernder Gesteine, kombiniert unter dem Abschluss von Sauerstoff und einer schwachen Aufwärmung des Gesteins.



Eine der aufgegebenen Gruben (Grube 2) in Longyearbyen. Foto: D. Blomeier

gesamte Kohlevorkommen im Zentralfeld wird indes auf 72,5 Millionen Tonnen geschätzt. Das Hauptkohlenflöz ist hier drei bis fünfeinhalb Meter mächtig, was eine effektive Produktion ermöglicht.

Erdöl und Erdgas



Russische Bohrplattform im Billefjord. Während Prospektionsbohrungen nach Kohle erfolgte 1991 ein Gasausbruch, bei dem geringe Mengen von Erdöl an die Erdoberfläche gelangten. Foto: W. Dallmann

Erdöl und Gas bilden sich aus dem organischen Material abgestorbener mariner Mikroorganismen. Tonstein und Schiefer können hohe Anteile dieses organischen Materials enthalten. Das wichtigste Muttergestein auf dem Norwegischen Kontinentalsockel sind Schiefer aus dem Jura. Ablagerungen in Svalbard aus den Zeitperioden Karbon, Trias, Jura und Tertiär sind ebenfalls reich an organischem Material und damit potenzielle Muttergesteine für fossile Brennstoffe. Der vielfältige strukturelle Aufbau von Svalbards Festgesteinen hat überdies zur Bildung einer großen Anzahl möglicher Erdölfallen geführt. Trotzdem sind bislang keine ökonomisch nennenswerten Vorkommen in Svalbard entdeckt worden.

Die Erdöl- und Erdgassuche in Svalbard begann am Anfang der sechziger Jahre. Der Betrieb Norsk Polar Navigasjon AS führte beim Grønfjord eine erste Bohrung durch, welche eine Tiefe von 972 m erreichte. Danach wurde eine weitere Bohrung im Berzeliusdalen am Van Mijenfjord ausgeführt. Viele andere Unternehmen waren ebenfalls

aktiv, unter anderem Caltex, Fina, Nordisk Polarinvest, die Russische Grubengesellschaft Trust Arktikugol und die Norwegischen Firmen Store Norske Spitsbergen Grubekompani und Norsk Hydro. Insgesamt wurden 16 Bohrungen durchgeführt, die meisten im Nordenskiöld Land (Zentral-Spitzbergen), aber auch am Forlandssund, in der Nähe vom Sørkapp, auf Edgeøya und auf Hopen. Viele seismische Untergrunduntersuchungen wurden durchgeführt, sowohl von Schiffen entlang der Fjorde als auch auf Gletschertraversen. Im tiefsten Bohrloch bei Ishøgda im Van Mijenfjord wurde eine Tiefe von 3304 m erreicht.

Die Auswertungen der Bohrungen haben wiederholt gezeigt, dass die potentiellen Muttergesteine einen zu hohen organischen Reifungsgrad und die potentiellen Reservoirgesteine zu geringe Porositäten aufweisen. Ölvorkommen sind auf unbedeutende Kluft- und Spaltensysteme begrenzt.

Während einer Bohrung nach Kohle an der Petuniabukta (Billefjord) traf die russische

Firma Trust Arktikugol im Jahre 1991 in 630 m Tiefe auf eine öl-führende Gesteinschicht. Dabei blies in zwei Bohrlöchern unkontrolliert Gas und Öl aus. Planungen zum Start einer systematischen Ölsuche in der Umgebung wurden bis heute nicht realisiert.

Geologie und Umweltschutz

Umweltschutz wird in Svalbard von Seiten der Behörden sehr betont. Bereits seit 1973 wurde ein Netzwerk, bestehend aus einer Reihe von Nationalparks, Naturreservaten und Vogelschutzgebieten eingerichtet, die große Teile der Randgebiete Svalbards beinhalten. Mehrere Schutzgebiete wurden in den Jahren von 2002 bis 2005 errichtet und heute sind ca. 65 % von Svalbards Landfläche geschützt. Dennoch ist ein schonender, unmotorisierter Transport und Outdoor-Aktivitäten in den allermeisten Gebieten zugelassen – mit Ausnahme von Kong Karls Land, wo das Betreten aufgrund eines einzigartigen Höhlengebiets für Eisbären ganzjährig verboten ist. Das gilt für bestimmte Zeiträume im Jahr auch für die Vogelschutzgebiete und die Insel Moffen, letztere wegen seiner Walrosse.

Das geologische Schutzgebiet Festningen, auf der Südseite am äußeren Isfjord gelegen, wurde 2003 etabliert. Der Grund hierfür sind wissenschaftlich besonders wertvolle geologische Vorkommen. Das Schutzgebiet umfasst ein gut beschriebenes und vollständiges geologisches Referenzprofil – das Festningsprofil, ein Permafrostgebiet mit speziellen Bildungen und Erscheinungen, und fossile Dinosaurierspuren. Viele der oben erwähnten Schutzgebiete umfassen ebenfalls wertvolle geologische Erscheinungen.

Im Jahre 2002 trat das Svalbard-Umweltschutzgesetz in Kraft. Das Gesetz beschränkt alle Arten größerer Eingriffe in die Landschaft auf ganz Svalbard, erlaubt jedoch das

Aufsammeln von Steinen und Mineralien entweder als Souvenir oder als Proben für wissenschaftliche Untersuchungen. Dagegen ist es verboten, Fossilien innerhalb der Schutzgebiete von 1973, und innerhalb der Naturreservate auf Hopen oder Bjørnøya (Bäreninsel) aufzusammeln. Bei Funden von speziellem wissenschaftlichem Wert sollte der Gouverneur oder das Norwegische Polarinstitut unterrichtet werden.

Einige wichtige Bestimmungen

Jeglicher Transport in Svalbard soll so geregelt werden, dass so wenig Schäden wie möglich oder Verschmutzungen, die nachteilig auf die Natur oder Kulturdenkmäler wirken, entstehen. Zusätzlich sind unnötige Störungen von Menschen und Tieren zu vermeiden.

Individualreisende, die nicht ansässig sind und auf eigene Faust in Svalbard umher reisen wollen, müssen die Meldepflicht für jeglichen Transport außerhalb des Verwaltungsbereichs 10 (zwischen dem Van Mijenfjord und dem Isfjord auf Zentral-Spitzbergen) beachten. Touren über Land außerhalb eines Umkreises von 20 Kilometern um Ny-Ålesund und Bootstouren außerhalb des Kongsfjords sind ebenfalls meldepflichtig für Touristen und andere Zugereiste.

Es ist Jedermanns Pflicht, sich über die geltenden Bestimmungen des zu bereisenden Gebiets zu informieren. Dies beinhaltet ebenfalls Bestimmungen zur Jagd und zum Fischen. Bei geplanten Reisen in Naturschutzgebieten muss man sich im Voraus über geltende Naturschutzbestimmungen informieren.

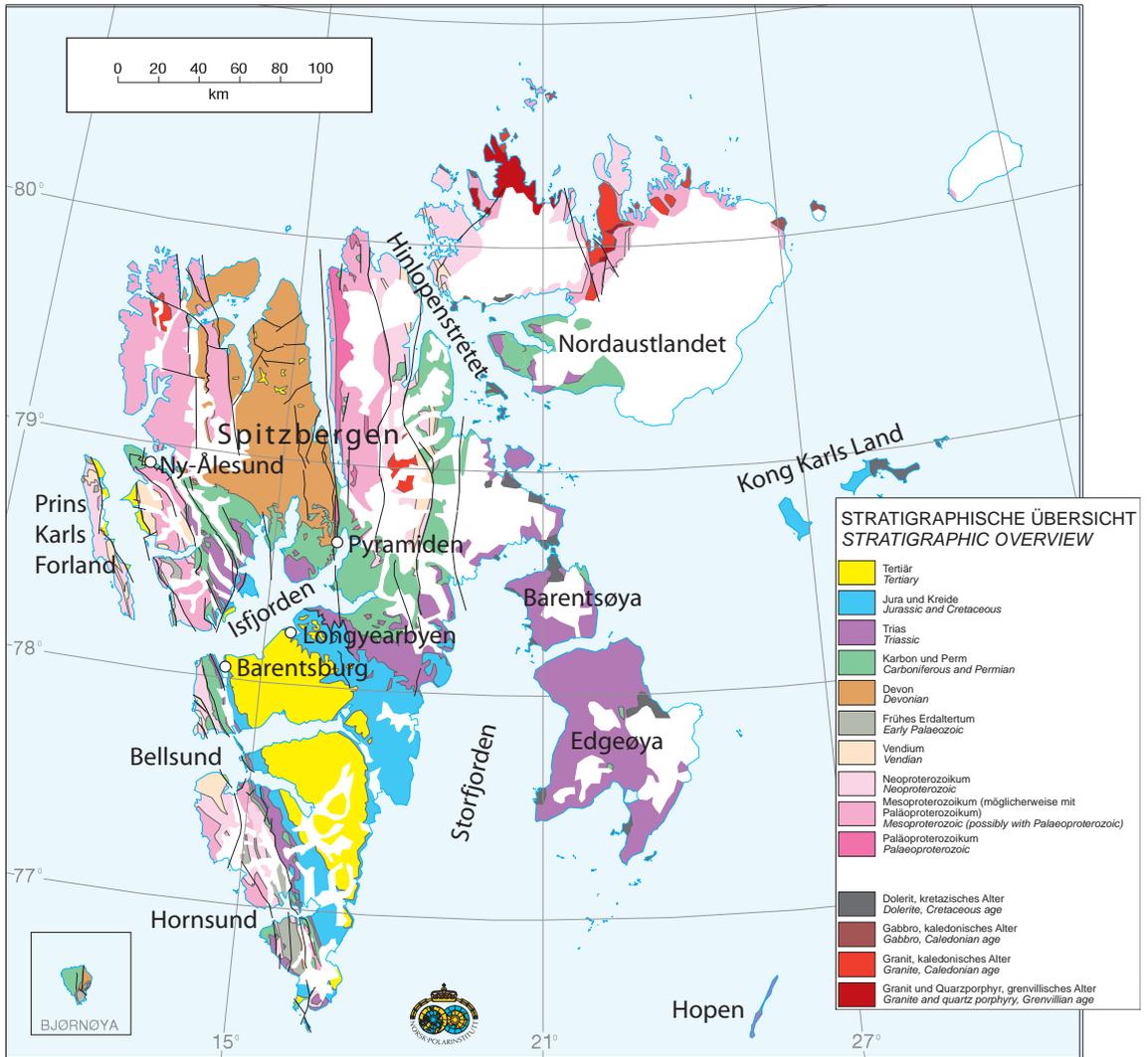
Jeglicher motorisierter Verkehr auf Land, mit Ausnahme des Fahrens von Schneemobilen, welches durch besondere Motorverkehrsvorschriften geregelt wird, bedarf einer speziellen Zulassung. Das gleiche gilt für die Landung von Helikoptern außerhalb eines ausgewiesenen Landeplatzes. Solche Genehmigungen werden in erster Linie in Verbindung mit Forschungsaufträgen erteilt. Seien Sie sich bitte auch über die Unterschiede der für den Schneemobil-Verkehr freigegebenen Gebiete für Ansässige und Zugereiste bewusst.

Alle Personen, die außerhalb fester Besiedlungen in Svalbard reisen, sind verpflichtet, eine eigene Waffe zur Notwehr gegen Eisbären mit sich zu führen. Das Sich-Nähern oder gar Verfolgen von Eisbären ist streng verboten! Eisbären sind ganzjährig geschützt und dürfen nur in Notwehr geschossen werden. Informationsmaterial über Eisbären und genereller Sicherheit sind beim Gouverneur von Svalbard oder beim Norwegischen Polarinstitut erhältlich.

Alle Hinterlassenschaften menschlicher Aktivitäten von 1945 und davor sind geschützte Kulturdenkmäler. Dieses gilt sowohl für feste Installationen als auch für bewegliche Gegenstände. Neuere Anlagen können ebenfalls nach besonderen Beschlüssen geschützt sein. Das Aufschlagen von Feldlagern oder Zelten oder das Deponieren von Gegenständen in einem Umkreis unter 100 m um geschützte, feststehende Kulturdenkmäler ist verboten. Das Zelten oder ein Lageraufenthalt von mehr als einer Woche auf demselben Platz muss beim Gouverneur im Voraus angemeldet werden.



Foto: D. Blomeier.



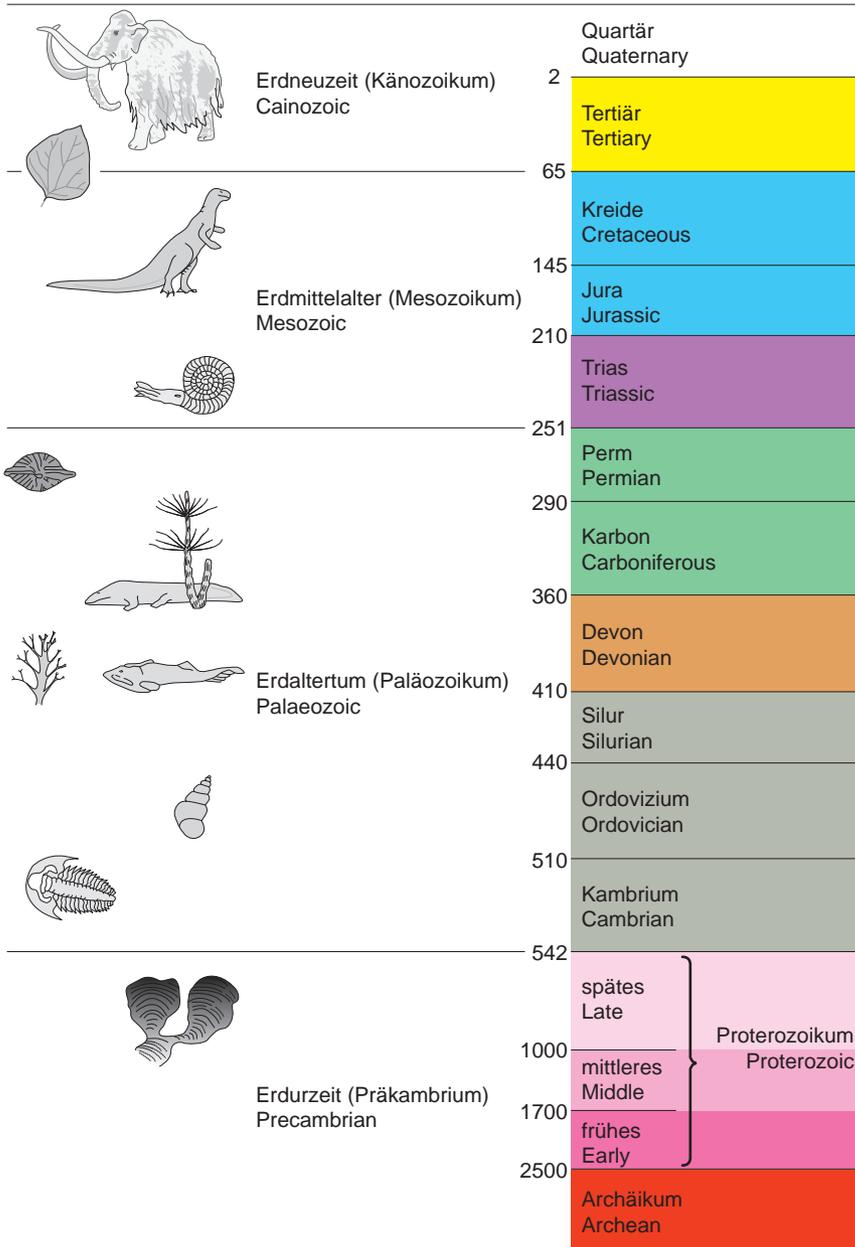
Die geologische Zeitskala – ein Grundgerüst der Geologie

Die geologische Zeitskala ist in eine Reihe von aufeinander folgenden Zeitaltern gegliedert. Diese Einteilung gründet sich auf wichtige Ereignisse bzw. Veränderungen innerhalb der Entwicklung des Lebens auf der Erde. Alle Geologen gebrauchen Zeitbegriffe in ihrer täglichen Sprache. Der älteste Abschnitt der Erdgeschichte wird Präkambrium oder Erdurzeit genannt und umfasst den Zeitraum von der Entstehung der Erde

bis vor 542 Millionen Jahren. Das Zeitalter von vor 542 bis 251 Millionen Jahren wird Paläozoikum oder Erdaltertum genannt. Darauf folgt das Mesozoikum oder das Erdmittelalter, welches bis vor 65 Millionen Jahren andauerte. Das Känozoikum oder die Erdneuzeit umfasst den Zeitabschnitt von vor 65 Millionen Jahren bis heute. Die letzten 2 Millionen Jahre davon werden das Quartär genannt.

GEOLOGISCHE ZEITAFEL • GEOLOGICAL TIME SCALE

Alter in Millionen Jahren
age million years



Bezaubernde Geologie

Seit über hundert Jahren fasziniert Svalbard Menschen mit einem Interesse für Naturwissenschaften und die Frühgeschichte unserer Erde. Viele derjenigen, die Svalbard besuchen, lassen sich von der ausgedehnten, kalten Wildnis, den eindrucksvollen Bergformationen und ihrer landschaftlichen Vielfalt begeistern.

Die Landschaftseindrücke sind sehr unterschiedlich, ob man im Hornsund mit seinen bizarren Kalksteinrücken ist, an den Tafelbergen der Ostküste Spitzbergens entlangfährt oder zwischen den unwirklich roten Bergen des Woodfjords steht. Nirgendwo sonst in Nordeuropa gibt es eine derartige Vielfalt von geologischen Formationen, und nirgendwo sonst sind so viele Zeitalter im Gestein überliefert. Das Gebirge ist weitgehend kahl, ohne Erdreich und Vegetation, und der Gesteinsgrund ist über lange Strecken zusammenhängend sichtbar. Alles dies trägt dazu bei, daß Svalbard ein einzigartiges Gebiet für das Studium geologischer Prozesse ist – und ein Ort, um sich vom Zauber des Landes in seinen Bann ziehen zu lassen.