



Deutsche
Raumfahrtagentur
im DLR

Themenpaket Spitzbergen

BESCHÜTZER DER ERDE



SPACE FOR CHANGE

Ankommen auf Spitzbergen

Subpolares Klima im Herzen der Arktis



Lucas: Hei, schön, euch wiederzusehen!

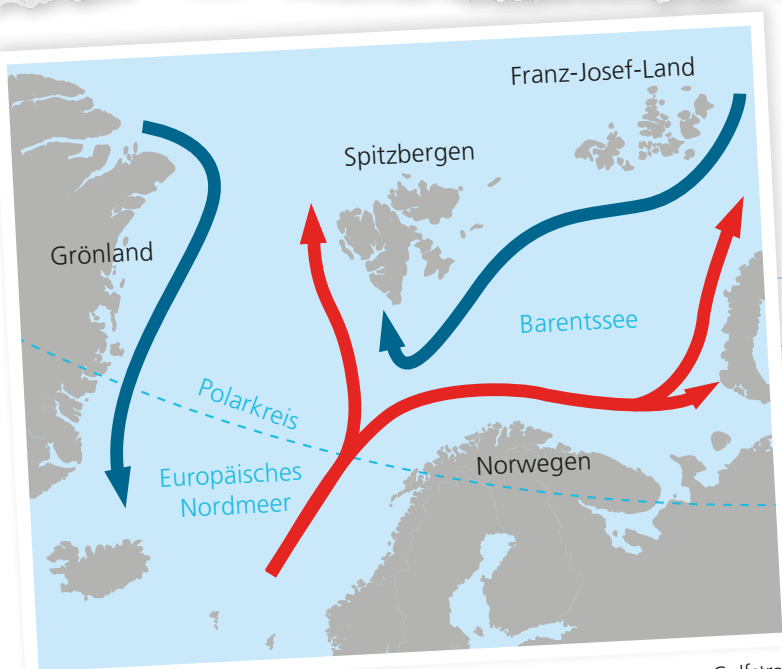
Über Spitzbergen habt ihr schon ein bisschen was erfahren, wenn ihr in das basics-Heft geschaut habt. Jetzt möchte ich euch aber gerne noch etwas mehr erzählen. Wusstet ihr zum Beispiel, dass hier auf **Spitzbergen** die nördlichste Siedlung der Welt liegt? Sie heißt Ny-Ålesund und befindet sich auf der Hauptinsel. Früher wurde dort Steinkohle abgebaut – heute wird die Siedlung als internationale Forschungsstation genutzt. Dort arbeite ich als Biologe und erforsche die Veränderungen durch den Klimawandel an der Umwelt hier vor Ort.

Spitzbergen ist eine **Inselgruppe im Nordpolarmeer**, die zu Norwegen gehört. Sie besteht aus über 400 Inseln, von denen die Hauptinsel Spitzbergen die größte ist. Auf Norwegisch heißt Spitzbergen „Svalbard“, was mit „Kühle Küste“ übersetzt werden kann. Die größte Stadt der Inselgruppe und gleichzeitig die nördlichste Stadt der Welt ist Longyearbyen. Dort leben etwa 2.000 der insgesamt 2.700 Einwohnerinnen und Einwohner Spitzbergens. Im Gegensatz zu anderen arktischen Gebieten, die in der polaren Zone liegen, wird Spitzbergen der subpolaren Zone zugeordnet. Was genau das bedeutet, könnt ihr im basics-Heft erfahren.

Kalte Winter und kurze, relativ milde Sommer sind typisch für das **subpolare Klima**. Hier fällt wenig Niederschlag und die durchschnittlichen Temperaturen liegen zwischen -10 °C und 0 °C . Obwohl es hier so wenig regnet, herrschen humide, also feuchte Verhältnisse. Wo es so kalt ist, verdunstet nämlich auch wenig Wasser. Die Winter sind lang, aber trotzdem vergleichsweise mild. Das liegt daran, dass ein Ausläufer des Golfstroms, der Westspitzbergenstrom (vgl. M2), entlang der Westküste fließt. Er bringt warmes Wasser Richtung Nordpolarmeer. Deswegen ist die Westküste Spitzbergens auch fast ganzjährig eisfrei. Der Name „Kühle Küste“ trifft also besser auf den Osten der Inselgruppe zu, der im Winter mit Packeis umgeben ist. Auch auf Spitzbergen zeigen sich die Auswirkungen des Klimawandels – dazu erfahrt ihr mehr im basics-Heft.



M1: Spitzbergen ist eine Inselgruppe in der Arktis.



M2: Der Westspitzbergenstrom gehört zum Golfstrom.



Aufgabe 1:

Erklärt, warum Spitzbergen der subpolaren Zone zugeordnet wird, obwohl es so weit nördlich liegt.

Forschung in Ny-Ålesund

Ny-Ålesund ist eine Siedlung auf Spitzbergen, in der früher Steinkohle abgebaut wurde. **Heute wird hier geforscht.** Forscherinnen und Forscher beschäftigen sich zum Beispiel mit Eisbohrkernen. Das sind lange Eisstücke, die sie aus den Gletschern herausbohren. Mit denen kann man vergangene Klima-Entwicklungen untersuchen. Andere Forscherinnen und Forscher untersuchen die Gletscher an sich und den Permafrostboden, der durch den Klimawandel immer weiter auftaut. Auch die Atmosphäre wird hier mit teuren Geräten und aufwendigen Methoden gemessen und erforscht.

Dass sich die Forschungsstation hier auf der Insel Spitzbergen, weit weg vom Festland, befindet, ist kein Zufall: Spitzbergen ist der Ort auf der Welt, der sich durch den **Klimawandel am schnellsten erwärmt** – hier steigen die Temperaturen rund sechsmal so schnell wie im weltweiten Durchschnitt! Das wirkt sich auf die Natur und das Eis hier auf Spitzbergen aus: Die Gletscher, die mal große Teile der Insel bedeckt haben, ziehen sich immer weiter zurück, weil das Eis immer weiter schmilzt. Das kann man auch gut auf den Satellitenbildern erkennen, die wir hier in der Forschungsstation untersuchen.

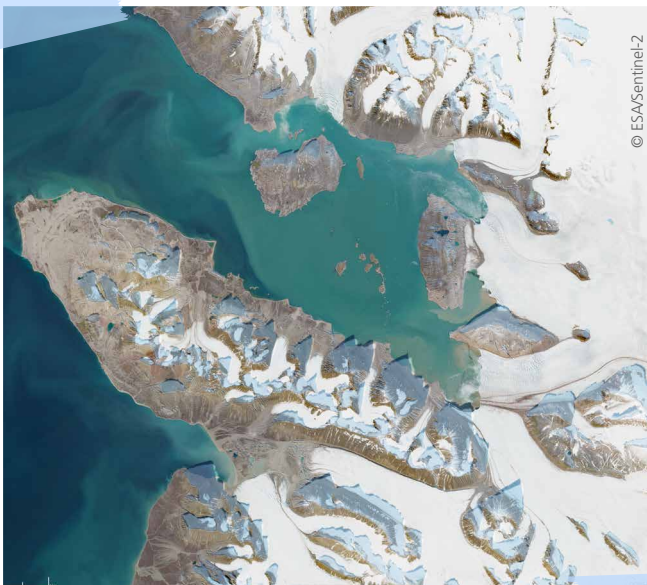


Aufgabe 1:

M1 zeigt den Kongsfjord, an dem die Forschungsstation Ny-Ålesund liegt.

Der **Kronebreen-Gletscher** ist besonders stark vom Klimawandel betroffen.

- Recherchiert online, wo der Kronebreen-Gletscher liegt. Kreist ihn auf den beiden Satellitenbildern rot ein.
- Könnt ihr dort sehen, wo sich der Gletscher zwischen August 2017 und August 2025 zurückgezogen hat? Markiert den Bereich im Fjord, an dem ihr einen Rückgang des Kronebreen-Gletschers erkennt.



© ESA/Sentinel-2



© ESA/Sentinel-2

M1: Der Kongsfjord im August 2017 und August 2025.



M2: QR-Code zur ESA.

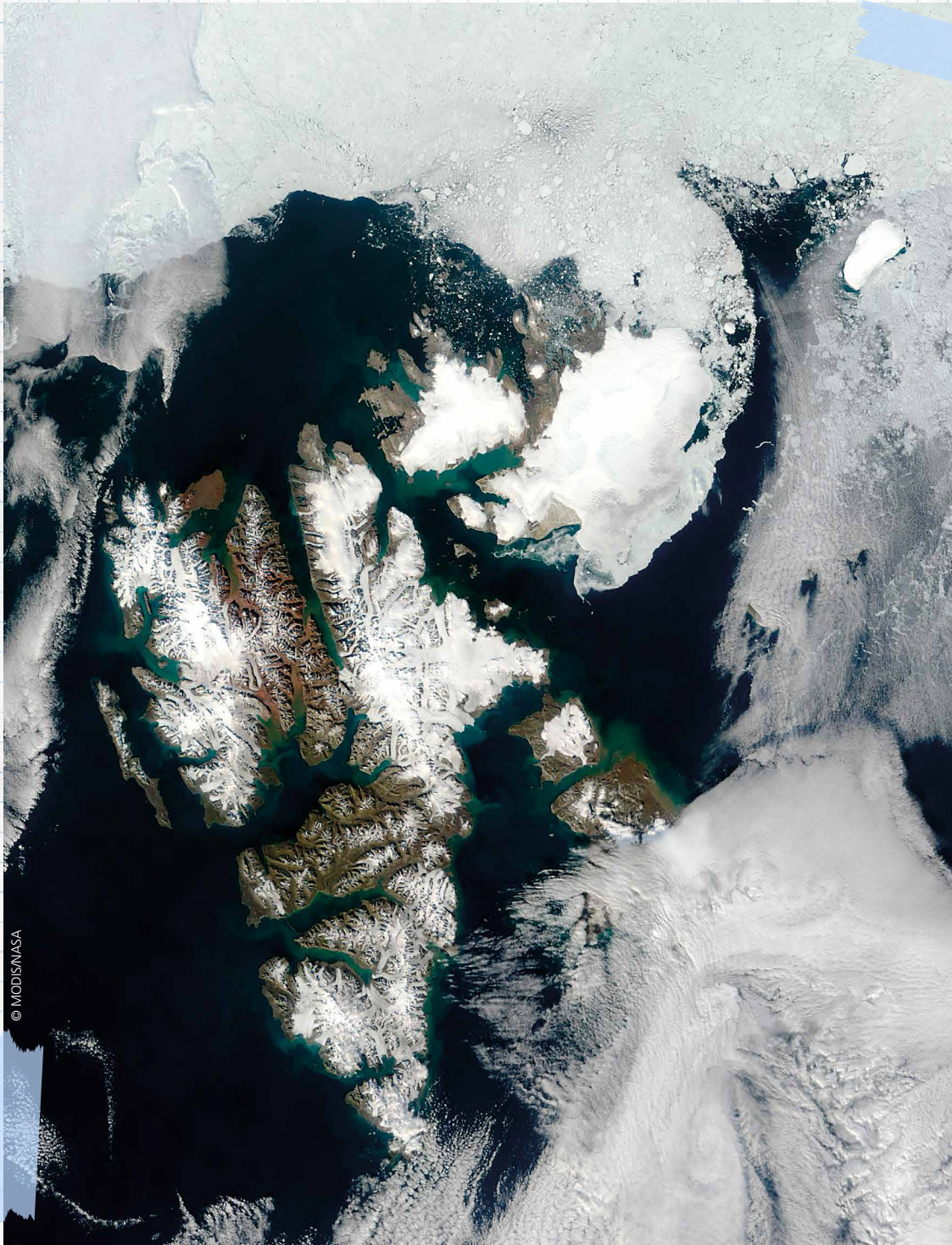


Aufgabe 2:

Hinter diesem QR-Code (M2) findet ihr eine Abbildung der Europäischen Weltraumorganisation ESA, die den Rückgang des Kronebreen-Gletschers im Zeitraffer anschaulich darstellt. Könnt ihr herausfinden, um welche Strecke der Gletscher von 2015 bis 2023 zurückgegangen ist? Ein Tipp: Der Maßstab der Abbildung ist unten links angegeben – beim Ausmessen hilft ein Lineal.

Länge der Strecke: _____

Die Gletscher sind nicht die einzigen Eismassen, die in den polaren Gebieten der Erde zu finden sind. Man unterscheidet vier Arten von Eis: Gletscher zählen zur Kategorie **Inlandeis**. **Schelfeis** ist eine vom Inlandeis auf den Flachwasserbereich (Schelf) übergehende Eismasse. Sie ist mit dem Inlandeis verbunden und schwimmt im Wasser. **Eisberge** sind im Meer treibende Eisschollen, die sich von einer Eismasse gelöst haben. **Meereis** entsteht, wenn das Meerwasser zu Eis gefriert. Das geschieht bei kälteren Temperaturen als bei Süßwasser, nämlich bei weniger als $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Aufgabe 3:

Können Sie in M3 die unterschiedlichen Arten von Eis entdecken?

Markieren Sie mit verschiedenen Farben und erstellen Sie eine Legende dazu.



- Inlandeis
- Schelfeis
- Eisberge
- Meereis

M3: Satellitenbild Spitzbergen. Quelle: NASA.

Eisbären und der Klimawandel



Die Eisbären, die ich hier auf Spitzbergen erforsche, sind auch stark vom **Klimawandel** betroffen. Es gibt hier zwar noch einen großen Bestand von rund 3.000 Tieren, aber die steigenden Temperaturen machen ihnen das Leben schwer.

Das **Packeis**, das sind dicht zusammengeschobene Meereis-Schollen, an der Ostküste Spitzbergens ist das **Haupt-Jagdgebiet** der Eisbären. Hier haben es die großen Raubtiere auf Robben abgesehen, die zwischen den Eisschollen immer wieder zum Luftholen auftauchen müssen. Die fettreichen Robben liefern den Bären genug Energie für die eisfreien Sommer. Eisbären richten ihr Leben nach dem Packeis aus. Durch den Klimawandel ändert sich aber einiges: Weil das Meer vor der Ostküste Spitzbergens immer länger eisfrei bleibt, müssen die Eisbären auch immer länger ohne Robbenjagd auskommen. Teilweise beobachten wir schon, dass die Raubtiere den Sommer über auf dem Festland auf Nahrungssuche gehen und beispielsweise Rentiere jagen. Das kostet sie aber viel Energie.

Auch hier zeigen die Satellitenbilder deutlich, wie sich der Klimawandel auf das Packeis und damit auf den **Lebensraum der Eisbären** auswirkt (M2): Auf dem Meereis-Portal des Alfred-Wegener-Instituts, das auch auf der Station in Ny-Ålesund forscht, könnt ihr selbst darstellen, wie sich Meer eis im Laufe des Jahres verändert. Probiert's mal aus!



M1: Eisbär auf arktischem Packeis.

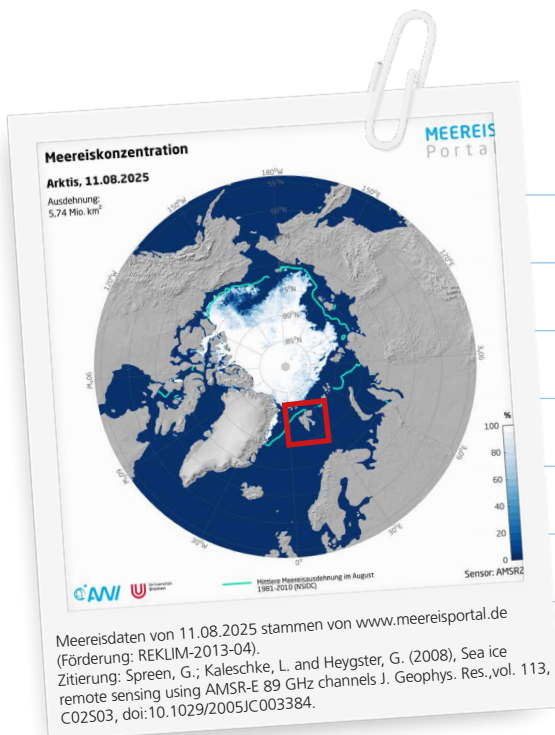


Aufgabe 1:

Über den QR-Code (M2) kommt ihr zum **Meereis-Portal** des Alfred-Wegener-Instituts. Erstellt eine Animation für das Jahr 2025 mit dem Startdatum 01.01.2025 und dem Enddatum 31.12.2025. Könt ihr damit herausfinden, in welchem Zeitraum das Meer an der Küste Spitzbergens komplett eisfrei ist? Vergleicht diesen Zeitraum mit dem im Jahr 2005. Was fällt euch auf?



M2: QR-Code zum Meereis-Portal des Alfred-Wegener-Instituts, roter Kasten = Spitzbergen.



Klimawandel und Eisschmelze



Durch den Klimawandel steigen die Temperaturen, sodass die Gletscher und das Meereis immer schneller abschmelzen. Wusstet ihr, dass auch umgekehrt das Abschmelzen des Eises den Klimawandel verstärkt? Diese sogenannte **Eis-Albedo-Rückkopplung** ist ein Teufelskreis! Die hellen Oberflächen von Eis und Schnee spiegeln die Wärmestrahlung der Sonne zurück ins All. Wenn diese hellen Oberflächen immer weniger werden, nehmen dunkle Oberflächen wie die Landmasse oder die Wasseroberfläche des Meeres die Wärme auf. Dadurch werden sie immer wärmer und das Eis schmilzt immer weiter.

Wie viel Licht eine Oberfläche zurückstrahlt, gibt der sogenannte **Albedo-Wert** an. Er liegt immer zwischen 0 (wenig Rückstrahlung) und 1 (viel Rückstrahlung). In der Tabelle M1 seht ihr die Albedo-Werte für verschiedene Oberflächen.

Albedo-Werte verschiedener Flächen

Eis und Schnee	0,8 - 0,9
Wasser	0,1
Wiese	etwa 0,2
Asphalt	0,15

M1: Tabelle Albedo-Werte.



Experiment 1: Der Albedo-Effekt

Um euch den Albedo-Effekt besser vorstellen zu können, könnt ihr dieses Experiment ausprobieren:

Ihr braucht:

Zwei Gläser mit Eiswürfeln, je ein Blatt schwarzes und weißes Papier
Platziert ein Glas mit Eiswürfeln auf dem schwarzen Blatt Papier, das andere Glas mit Eiswürfeln auf dem weißen Blatt Papier. Stellt beide Gläser in die Sonne. Was beobachtet ihr?



Experiment 2: Meer- und Landeis-Vergleich

Die Folgen des Klimawandels in der Arktis zeigen sich auf der ganzen Welt: Das Abschmelzen der Gletscher lässt den **Meeresspiegel** ansteigen. Aber was passiert mit dem Meeresspiegel, wenn das Meereis schmilzt? Den Unterschied zwischen dem Abschmelzen des Meer- und des Landeises könnt ihr mit diesem Experiment herausfinden:

Ihr braucht:

- zwei etwas größere, wasserdichte Behälter
- einen Stein mit flacher Oberfläche, der gut auf den Boden des Behälters passt
- genug Wasser, um beide Behälter zu füllen
- Eiswürfel
- ein Lineal

Legt den Stein in einen der beiden Behälter und gebt in beide Behälter die gleiche Menge Eiswürfel. Dabei muss das Eis im Behälter mit dem Stein direkt auf den Stein gelegt werden. Füllt nun beide Behälter zur gleichen Höhe mit Wasser auf und wartet ab, bis das Eis geschmolzen ist.

Messt nun die Wasserstände in den beiden Behältern und tragt die Daten in die Tabelle ein.

Zeit	Wasserhöhe Behälter ohne Stein	Wasserhöhe Behälter mit Stein
Beginn des Experiments		
Nach dem Schmelzen des Eises		

Was beobachtet ihr?

Der Permafrost



M1: Häuser auf Stelzen in Spitzbergen.

Neben den Gletschern und dem Meereis taut auch der sogenannte Permafrost immer weiter auf. Permafrost nennt man den Boden, der wegen der niedrigen Temperaturen immer gefroren ist. Permafrostböden gibt es in Gebirgen und in den Polarregionen, wie zum Beispiel hier in Spitzbergen. Im Permafrost sind bis zu **1.600 Gigatonnen Kohlenstoff** in Form von CO_2 und Methan (CH_4) gespeichert. Das ist doppelt so viel Kohlenstoff, wie in der gesamten Atmosphäre vorhanden ist (800 Gigatonnen)! Wenn der Permafrost auftaut, wird das zum Problem, weil dann im Boden viele kleine Lebewesen wie Bakterien und Pilze aktiv werden. Diese Lebewesen fangen an, die Pflanzenreste und Tiere, die im Boden eingefroren sind, zu zersetzen. Dabei werden die Treibhausgase CO_2 und

das 25-mal klimaschädlichere Methan frei. **Diese Gase verstärken den Klimawandel.** Wenn der Boden taut und instabil wird, hat das auch direkte Auswirkungen auf das Leben der Menschen vor Ort: Es kommt zu Erdbeben, Straßen sacken ab und Häuser stürzen ein. Auf Spitzbergen werden daher einige Häuser schon auf Stelzen gebaut (M1). So haben die Häuser mehr Abstand zum Boden und der Permafrostboden taut nicht so schnell auf.

Wenn man aus der Luft auf den Permafrostboden schaut, kann man interessante Muster sehen (M2). Diese entstehen, wenn die oberste Schicht des Permafrosts, die sogenannte Auftauschicht, immer wieder auftaut und gefriert. Wenn Tauwasser in Risse im Boden eindringt und wieder gefriert, können sich dort sogenannte Eiskeile bilden. Das ist Eis, das Richtung Bodenoberfläche dicker wird. Wenn diese Eiskeile auftauen, entstehen kleine Gräben. Gefriert der Boden anschließend wieder, zieht er sich zusammen und bildet dabei entlang der Gräben „Kissen“. Die so entstehenden Böden nennt man auch **Frostmusterböden**.



M2: Frostmusterboden mit Eiskeil-Muster auf dem Permafrostboden, Spitzbergen.



© contains modified Copernicus data (2018), processed by ESA



Aufgabe 1:

Hinter diesem QR-Code (M3) findet ihr einen Link zur ARD-Mediathek. Dort wird das Thema Permafrost und die damit verbundene Gefahr für unser Klima anschaulich erklärt. Schaut euch das Video an – könnt ihr damit die folgenden Fragen beantworten?



M3: QR-Code zur ARD-Mediathek.

Frage 1: Welches Gas kann im Permafrost durch den Klimawandel frei werden?

Frage 2: Worin ist der Kohlenstoff im Permafrost gespeichert?

Frage 3: Was genau passiert durch den Klimawandel mit dem Permafrost?

Frage 4: Welche Ereignisse nehmen durch die wärmeren und trockeneren Bedingungen in Permafrost-Regionen zu?

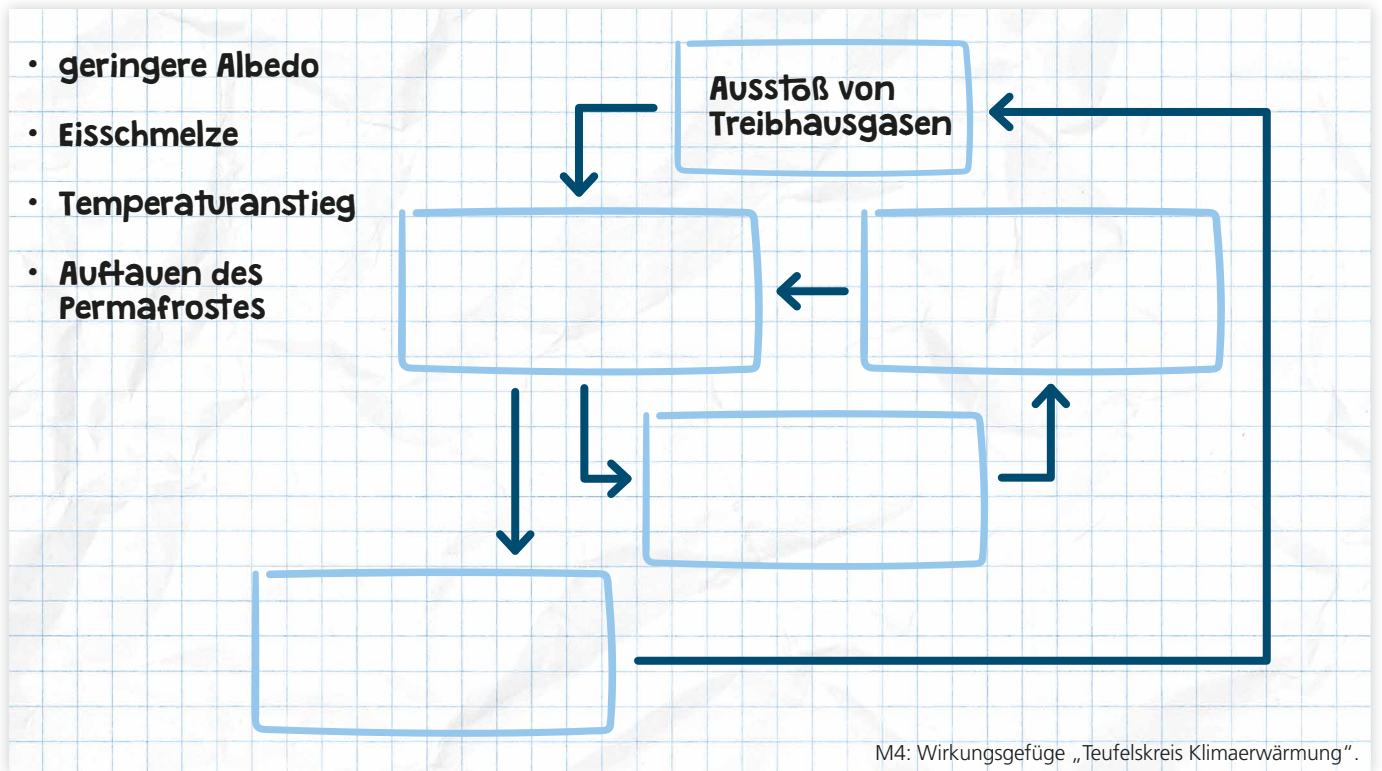
Frage 5: Welche Gefahr gibt es in den Bergen durch auftauenden Permafrost?

Frage 6: Was können wir gegen die Gefahr des auftauenden Permafrosts tun?



Aufgabe 2:

Schafft ihr es, mit den Informationen aus diesem Kapitel und dem Video das Wirkungsgefüge zum „Teufelskreis Klimaerwärmung“ (M4) auszufüllen? Die Begriffe neben dem Diagramm müssen in die freien Kästen geschrieben werden.



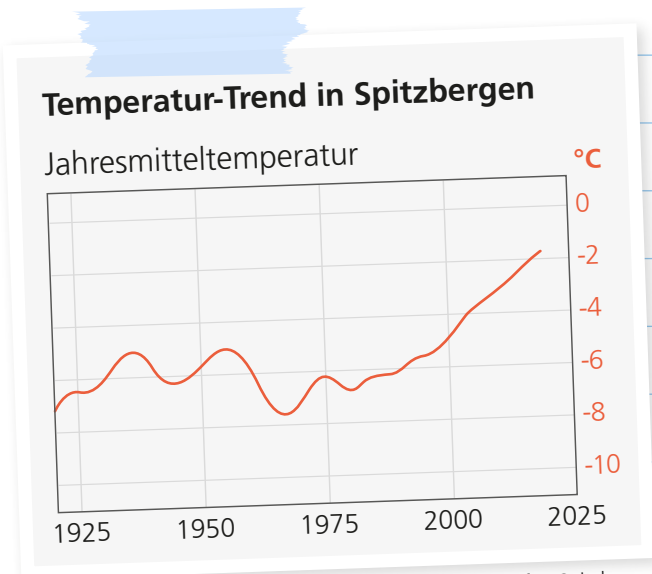
Die Entwicklung ist klar und deutlich: Auf Spitzbergen wird es immer wärmer. Im Sommer wird immer häufiger die 20-Grad-Grenze überschritten. So wird Spitzbergen immer grüner und dadurch geht der Teufelskreis der Erwärmung immer weiter voran.



Aufgabe 3:

Können Sie das Temperatur-Diagramm (M5) interpretieren?

- Ab wann kommt es zu einem durchgängigen Anstieg der Jahresmitteltemperatur?
- Erklären Sie, wie es sein kann, dass es im Sommer Temperaturen über 20 °C gibt, obwohl die Temperaturkurve in M5 nur bis maximal 0 °C reicht.



M5: Temperaturverlauf in Spitzbergen.

Das DLR im Überblick

Das DLR ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Wir betreiben Forschung und Entwicklung in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und Verkehr, Sicherheit und Digitalisierung. Die Deutsche Raumfahrtagentur im DLR ist im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zwei DLR Projektträger betreuen Förderprogramme und unterstützen den Wissenstransfer.

Global wandeln sich Klima, Mobilität und Technologie. Das DLR nutzt das Know-how seiner 55 Institute und Einrichtungen, um Lösungen für diese Herausforderungen zu entwickeln. Unsere 10.000 Mitarbeitenden haben eine gemeinsame Mission: Wir erforschen Erde und Weltall und entwickeln Technologien für eine nachhaltige Zukunft. So tragen wir dazu bei, den Wissens- und Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken.

Impressum

Herausgeber:

Deutsche Raumfahrtagentur im DLR
Königswinterer Straße 522–524
53227 Bonn

Abteilung Innovation & Neue Märkte
Schul- und Jugendprojekte
Alexandra Herzog
E-Mail: mail@beschuetzer-der-erde.de

DLR.de

Verfasser:

Siegmund: Space & Education gGmbH
www.siegmund-se.de

Gestaltung:

CD Werbeagentur GmbH
www.cdonline.de

Druckerei:

MEINDERS & ELSTERMANN GmbH & Co. KG,
Belm

Bilder DLR (CC-BY 3.0), soweit nicht anders angegeben.

Bildnachweis Titelseite:

- © AdobeStock/Vastram;
- © AdobeStock/natrot;
- © AdobeStock/Morten

Nachdruck nur mit Zustimmung des Herausgebers.



www.beschuetzer-der-erde.de



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

