

**BESCHÜTZER DER**  
**ERDE**  
**SPACE FOR CHANGE**

**Schülerheft** Subpolare Zone  
Spitzbergen – Arctic Greening im Ewigen Eis



Deutsche  
Raumfahrtagentur  
im DLR





# Inhaltsverzeichnis

Hallo und herzlich willkommen!	<b>4</b>
Spitzbergen – damals und heute	<b>6</b>
Spitzbergen im subpolaren Klima	<b>6</b>
Bilder aus dem All	<b>10</b>
Der eisige Boden und das wandernde Eis	<b>12</b>
Was lebt hier?	<b>20</b>
Die Arktis heizt sich auf	<b>23</b>
Gletscher	<b>26</b>
Permafrost	<b>26</b>
Ursachen und Strategien	<b>28</b>
Arctic Greening	<b>30</b>
Was kann ich tun?	<b>33</b>
Jetzt seid ihr dran!	<b>34</b>
Hilfestellung	<b>35</b>

# Hallo und herzlich willkommen!



Mein Name ist Sarah und ich bin Wissenschaftlerin beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Meine Aufgabe ist es, Daten auszuwerten, die uns von Satelliten aus dem All gesendet werden.

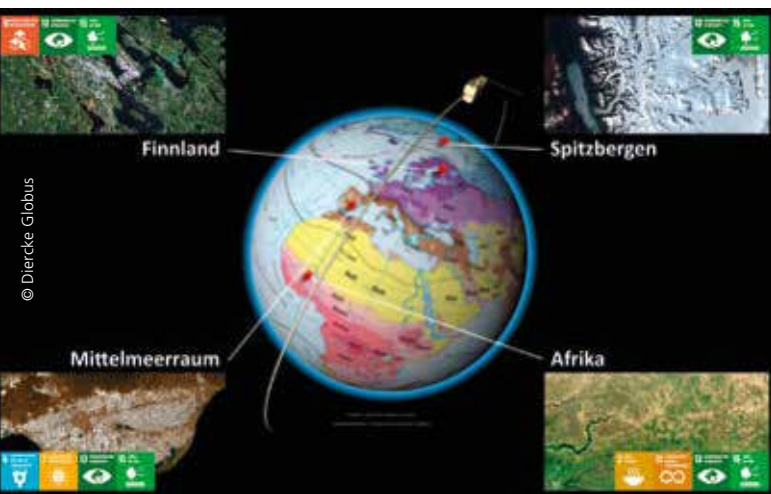


Ich heiße Alfredo und untersuche als Klimaforscher Veränderungen auf der Erde, die mit dem Klimawandel zu tun haben.

Wir wollen gemeinsam mit dir zur Inselgruppe Spitzbergen reisen und uns anschauen, welche Auswirkungen der Klimawandel dort hat und wie die Menschen damit umgehen. Dabei werden wir uns die Gegend auch aus einer ganz besonderen Perspektive anschauen, nämlich aus dem All! Die Raumbeispiele liegen auf der Flugbahn des Satelliten Sentinel-2, der uns atemberaubende Bilder liefert, wie du auf dem Titelbild dieses Heftes schon sehen kannst.

Sentinel-2 ist ein Satellit der ESA, der Europäischen Weltraumorganisation. Diese führt zurzeit eine Expedition durch, bei der auch der deutsche ESA-Astronaut Matthias Maurer dabei ist. Sie befindet sich auf der Internationalen Raumstation ISS, die den Globus in etwa 400 km Höhe überfliegt. Wenn du Lust hast, schau doch mal, wo sich die ISS gerade befindet! Dazu kannst du einfach den QR-Code mit deinem Handy einscannen.

Im All können Experimente gemacht werden, die man in keinem Labor auf der Welt durchführen kann. Die Erkenntnisse können aber auf der Erde genutzt werden. Dabei spielen vor allem Themen wie Nachhaltigkeit und Verletzlichkeit unseres Heimatplaneten eine bedeutende Rolle.



M 1 Flugbahn des Satelliten Sentinel-2





# AUFGABE

Ordne die Satellitenbilder den Klimazonen zu!

So sieht Matthias Maurer unsere Erde.  
In welchen Klimazonen befinden wir uns?



Subpolare Zone

Mittelbreiten

Subtropische Trockengebiete

Tropen



Die Inselgruppe Spitzbergen liegt weit nördlich in der Arktis. Sie besteht aus über 400 Inseln, von der die Hauptinsel Spitzbergen mit 39.500 km<sup>2</sup> die größte ist. Dort gibt es sogar eine eigene Satellitenstation, in der Fernerkundungsdaten weiterverarbeitet werden.

# Spitzbergen – damals und heute

Ich bin Janne, Biowissenschaftler in Spitzbergen und erforsche unter anderem die Auswirkungen des Klimawandels auf die Ökosysteme. Diese Inselgruppe wurde früher wegen seiner großen Steinkohlevorkommen, für die Robben-, Wal- und Rentierjagd und den Fischfang besiedelt. Heute ist Spitzbergen das „größte Labor der Welt“ für die Arktisforschung. In wissenschaftlichen Einrichtungen wird zum Beispiel die Zusammensetzung der Atmosphäre untersucht. Fesselballons und Wetterstationen liefern weitere Daten, um den Klimawandel besser zu verstehen. Auch an Permafrostböden und Gletschersystemen wird geforscht. Was das genau ist, erfährst du später in diesem Heft.



Im Herbst 2020 ist das Forschungsschiff „Polarstern“ von einer einjährigen Arktiserkundung zurückgekehrt.

An eine Eisscholle angedockt konnten

Forscherinnen und Forscher die jahreszeitlichen Änderungen des Eises und den Einfluss des Klimawandels genau überwachen und dokumentieren. Forschung und Tourismus sind heute neben dem Kohleabbau wichtige Wirtschaftszweige.

Wir wissen schon, dass Spitzbergen eine Inselgruppe in der Arktis ist. Doch wo genau liegt Spitzbergen? Schauen wir uns das etwas genauer an.

## Spitzbergen im subpolaren Klima

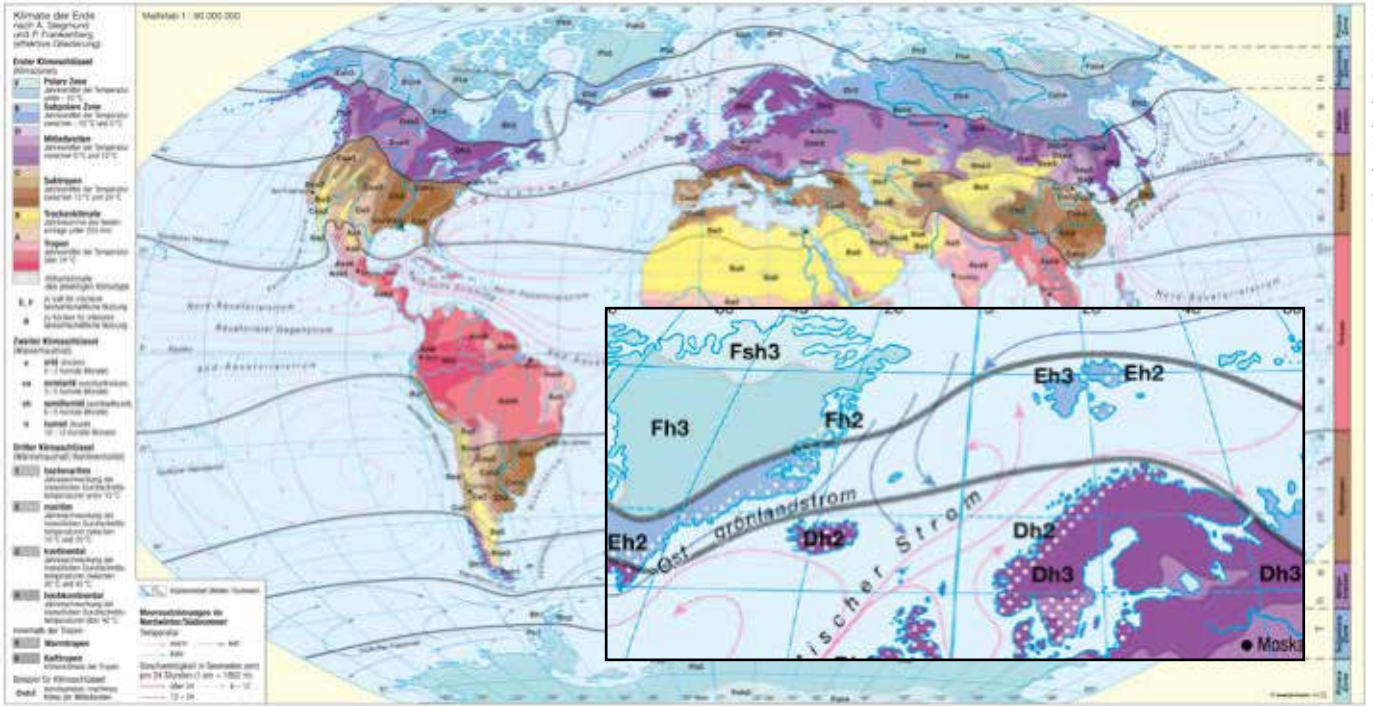
Spitzbergen ist eine zu Norwegen gehörende Inselgruppe im Nordpolarmeer. Auf Norwegisch heißt sie Svalbard, was mit „Kühle Küste“ übersetzt werden kann. Die größte Stadt der Inselgruppe und gleichzeitig die nördlichste Stadt der Welt ist Longyearbyen, wo etwa 2.000 der insgesamt 2.700 Einwohnerinnen

und Einwohner Spitzbergens leben. Nach der Klimaklassifikation von Siegmund/Frankenbergs wird Spitzbergen der subpolaren Zone zugeordnet. Das ist etwas Besonderes, denn mit Ausnahme von Spitzbergen sind alle sonstigen arktischen Gebiete der polaren Zone zugehörig.

M2 Blick von der Pyramide auf den Nordenskiöld Gletscher neben der verlassenen russischen Exklave Pyramidia im Billefjord auf Spitzbergen.



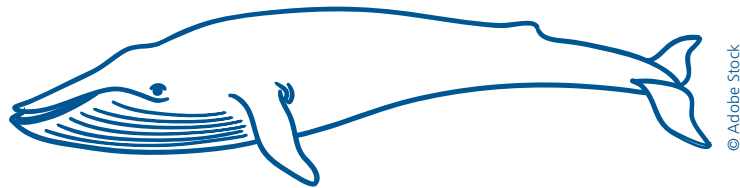




M 3 Klimakarte nach Siegmund/Frankenber

Die subpolare Zone wird in der Klimakarte mit dem Buchstaben E gekennzeichnet. Diese Zone findet sich fast nur auf der Nordhalbkugel, da auf der Südhalbkugel die Landmassen dafür fehlen. Sie befindet sich zwischen der polaren Zone und den Mittelbreiten. Kalte Winter und kurze, relativ milde Sommer sind typisch für das subpolare Klima. Hier fällt wenig Niederschlag und die durchschnittlichen Temperaturen liegen zwischen  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  und  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Obwohl es hier so wenig regnet, herrschen humide, also feuchte

Verhältnisse. Wo es so kalt ist, verdunstet nämlich auch wenig. Die Winter sind lang, aber trotzdem verhältnismäßig mild. Das liegt daran, dass ein Ausläufer des Golfstroms, der Westspitzbergenstrom, 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 vollständig mit Packeis umgeben ist.



© Adobe Stock



## AUFGABE 1

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

## AUFGABE 2

a) Suche Longyearbyen und Hopen in einer Online-Karte. Trage Longyearbyen in das Satellitenbild [M 5] ein.

Deine Antwort:

---



---



---



---



---



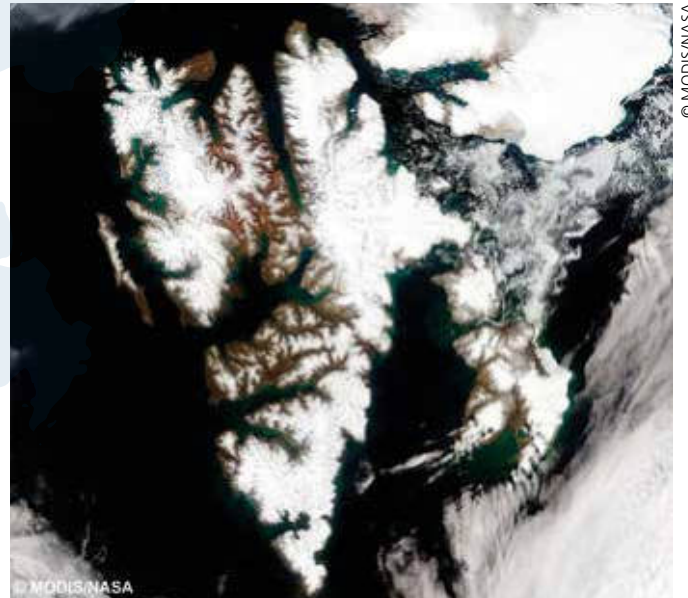
---



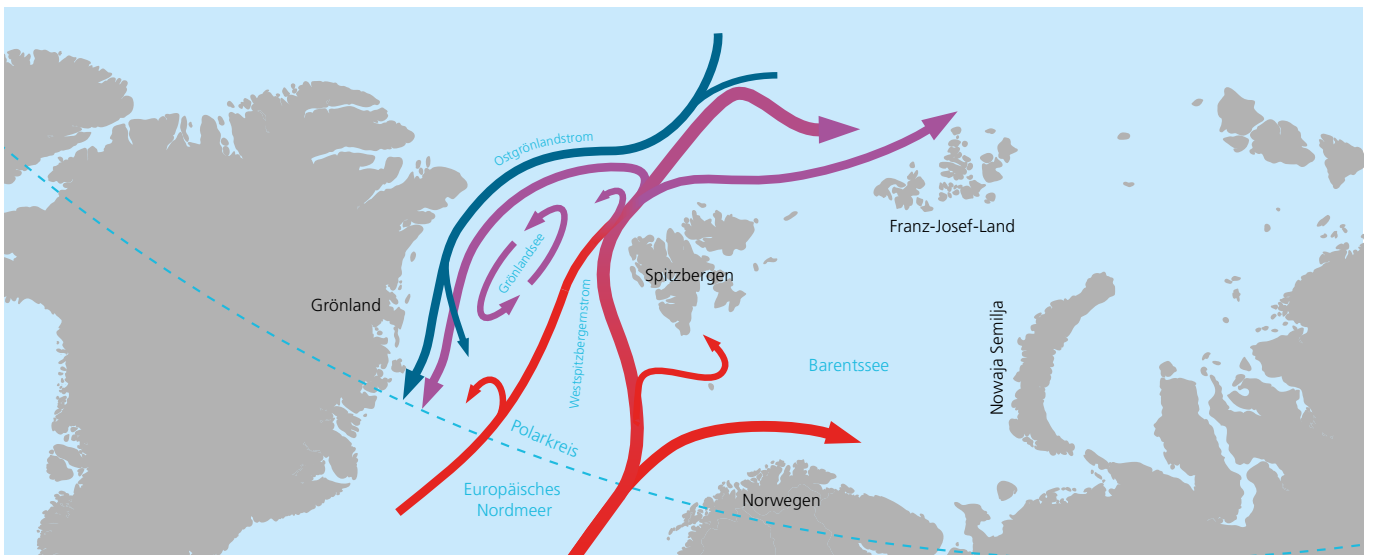
---



---



M 5 Satellitenbild von Spitzbergen



M 4 Der Westspitzbergenstrom ist ein Ausläufer des Golfstroms





Longyearbyen Panorama, Svalbard, Spitzbergen

**b)** Beschreibe beide Klimadiagramme [M 6] und vergleiche sie miteinander.

Deine Antwort zur Aufgabe 2b:

---



---



---



---



---



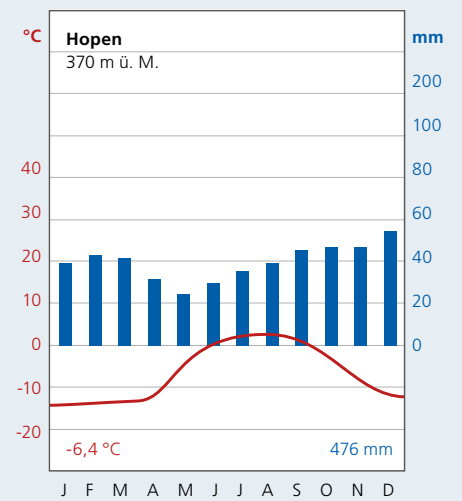
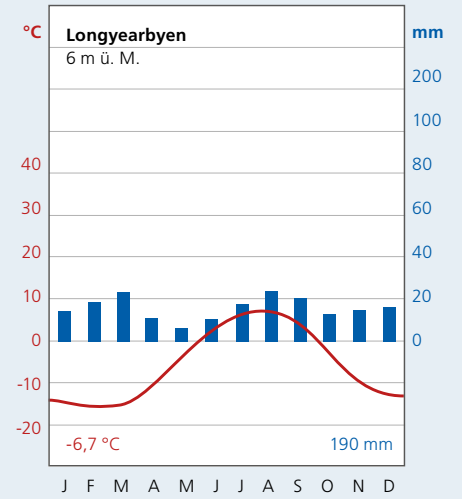
---



---



---



M 6 Klimadiagramme von Longyearbyen und Hopen

Für die Stellen mit dieser Glühbirne findest du Hilfe hinten im Heft!

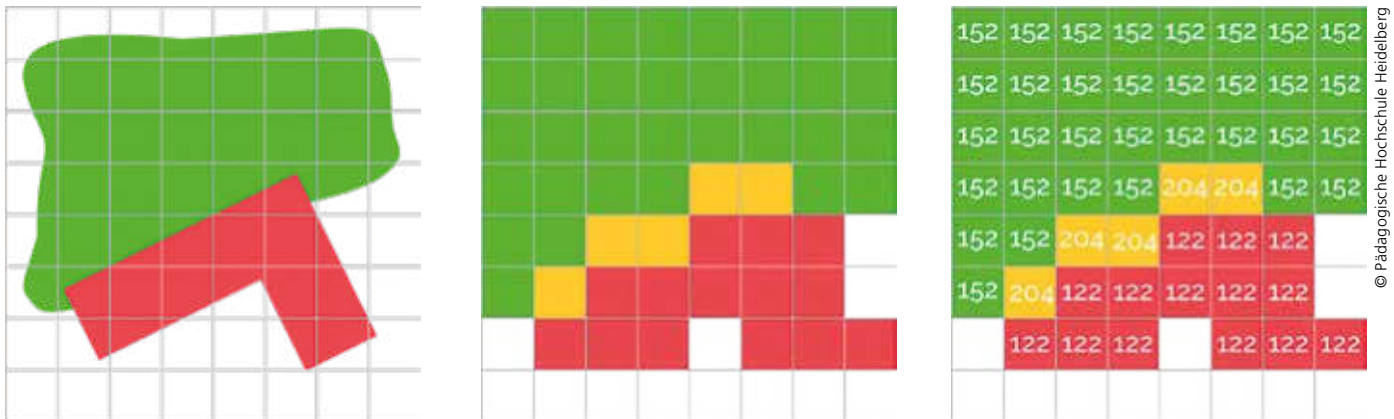


**Das Satellitenbild von Spitzbergen sieht aus wie ein Foto. Und das ist es auch!  
Doch wie genau funktioniert das mit den Bildern von der Erde?**

# Bilder aus dem All

Satelliten beobachten und erfassen die Erdoberfläche aus der Ferne und ohne direkte Berührung. Deswegen wird diese Methode Fernerkundung genannt. In der Erdumlaufbahn befinden sich Satelliten, die mit Sensoren ausgestattet sind. Diese erfassen Sonnenstrahlung, die von der Erdoberfläche reflektiert (zurückgeworfen) wird und speichern sie als Zahlenwerte ab. Wie stark ein Objekt die Strahlung reflektiert, hängt von ihrer Oberfläche ab. Dunkle Flächen absorbieren (das heißt, sie nehmen etwas auf) zum

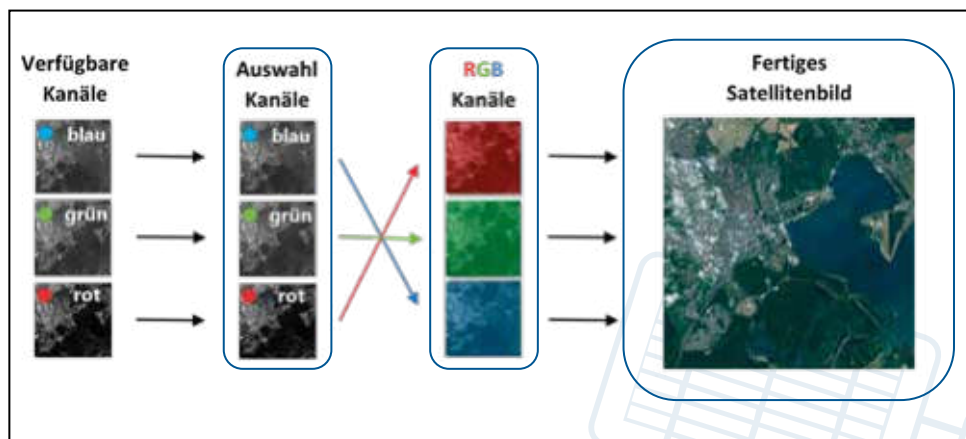
Beispiel mehr Strahlung als helle Flächen und reflektieren dementsprechend weniger. Dieses Verhältnis von Reflexion und Absorption wird Albedo genannt. Die Zahlenwerte werden in einem Raster abgespeichert, das aus vielen quadratischen Zellen besteht. Diese Zellen werden auch Pixel genannt. Hohe Zahlenwerte entsprechen einer starken Reflexion (= helle Flächen) und niedrige Zahlenwerte einer schwachen Reflexion (= dunkle Flächen).



M 7 Datenverarbeitung in der Fernerkundung; links: Realität, Mitte: Raster, rechts: Matrix mit Zahlenwerten

Je nach Sensor gibt es verschieden genaue Auflösungen des Bildes. Zum Beispiel können sie mehr oder weniger Farben unterscheiden (spektrale Auflösung). Die räumliche Auflösung bestimmt darüber, wie groß die Fläche in der Wirklichkeit ist, die durch einen Pixel im Raster dargestellt wird. Die zeitliche Auflösung besagt, wie oft der Sensor das gleiche Gebiet aufnimmt.

Am Computer wird diesen Zahlenwerten dann jeweils ein Farbwert zugeordnet, sodass aus einem zunächst schwarz-weißen Satellitenbild ein buntes wird. Dieses fertige Bild kann nun für unterschiedliche Zwecke verwendet und weiterverarbeitet werden.

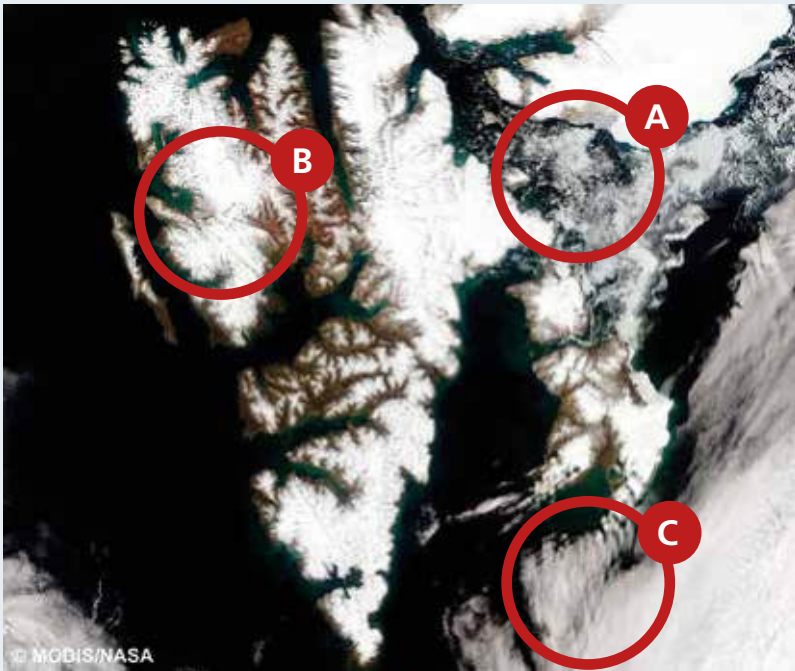


M 8 Aus den verfügbaren Kanälen (Satellit) entsteht durch Farbzunordnung am Computer ein Echtfarbenbild



Satellitenbilder sind also Aufnahmen unserer Erde aus dem All. Schau dir das Satellitenbild von Spitzbergen noch einmal genauer an.

© MODIS/NASA



M 9 Satellitenbild von Spitzbergen



### AUFGABE 3

Beschreibe, was du auf dem Satellitenbild [M 9] im Bereich A, B und C sehen kannst.



Bereich A: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Bereich B: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Bereich C: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Du hast erfahren, dass es auf Spitzbergen Forschung zu Gletschern und Permafrost gibt. Doch was ist das eigentlich genau?

# Der eisige Boden und das wandernde Eis

In arktischen Gebieten ist der Boden im Winter immer gefroren. Nur im Sommer taut die Oberfläche auf und bildet eine Auftauschicht. Dieser Dauerfrostboden wird auch Permafrost genannt. Doch er besteht nicht nur aus Eis, wie der Name vielleicht ver-

muten lässt, sondern auch aus Bodenmaterial und Gestein, deswegen ist er von außen nicht zu erkennen. Unter dem Permafrost befindet sich der Niefrostbereich, der sogenannte **Talik**.



M 10 Permafrostverbreitung in den Nordpolargebieten

Schmelzendes Eis in der Arktis im Frühjahr.





Mehr als 60 % der Inselgruppe ist von Gletschern bedeckt. Gletscher entstehen, wenn es kalt ist und mehr Schnee fällt, als abtauen kann. Nach langer Zeit entstehen verschiedene Schichten: Oben liegt der Neuschnee, der erst vor Kurzem gefallen ist. Durch abwechselndes Schmelzen und Wiedergefrieren des Schnees bildet sich Firn. Dieser besteht aus zusammengeklebten Eiskörnern. Fällt darauf wieder Schnee, dann drückt er die Firnmasse zusammen und es entsteht Firneis. Dieser Vorgang wiederholt sich viele Male. Die unterste Schicht aus altem und stark zusammengedrücktem Firn ist Gletschereis.

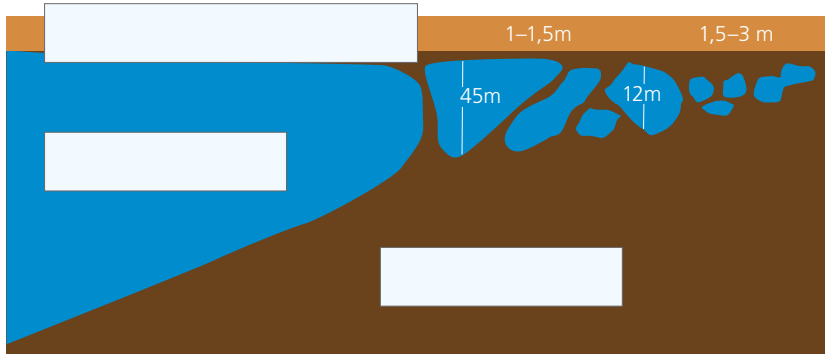
Je dicker die Eismasse wird, desto mehr Druck übt sie aus. Dadurch beginnt der Gletscher langsam zu fließen. Dabei transportiert er Gestein und Schutt mit sich. Die Steine schleifen den Untergrund ab und lassen neue Landschaften entstehen.

Wie Gletscher entstehen, kannst du dir vorstellen wie einen Schneeball. Wenn du ihn mit den Händen ganz fest zusammengedrückt, entsteht irgendwann aus der Wärme und dem Druck ein Eisball.



## AUFGABE 4

Beschrifte die Abbildung [M 11] mit den Begriffen Permafrost, Talik (Niefrostbereich) und Auftauschicht.

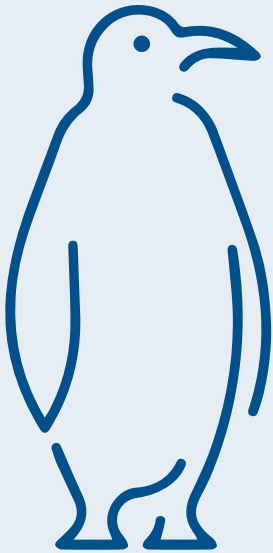


M 11 Aufteilung des Permafrostbodens



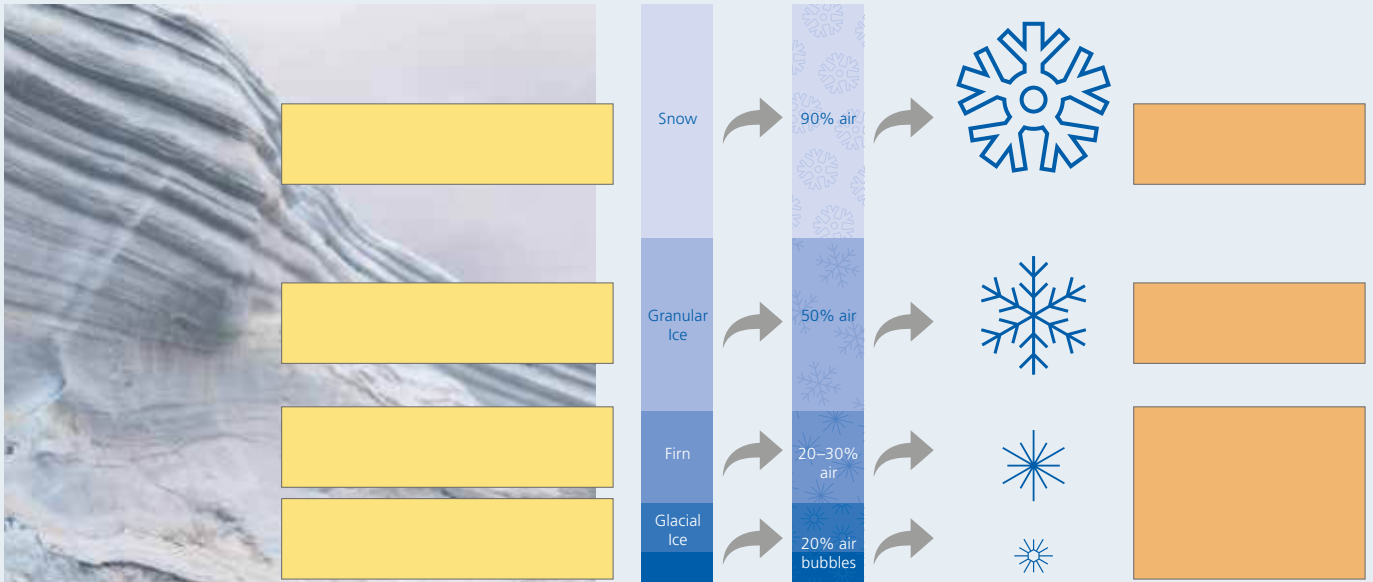
Permafrostboden





## AUFGABE 5

Trage die unterschiedlichen Gletscherschichten in die gelben Kästchen auf der linken Seite [M 12] ein. Trage in die orange-farbenen Kästchen auf der rechten Seite ein, wie die Schichten entstehen.



M 12 Entstehung von Gletschern

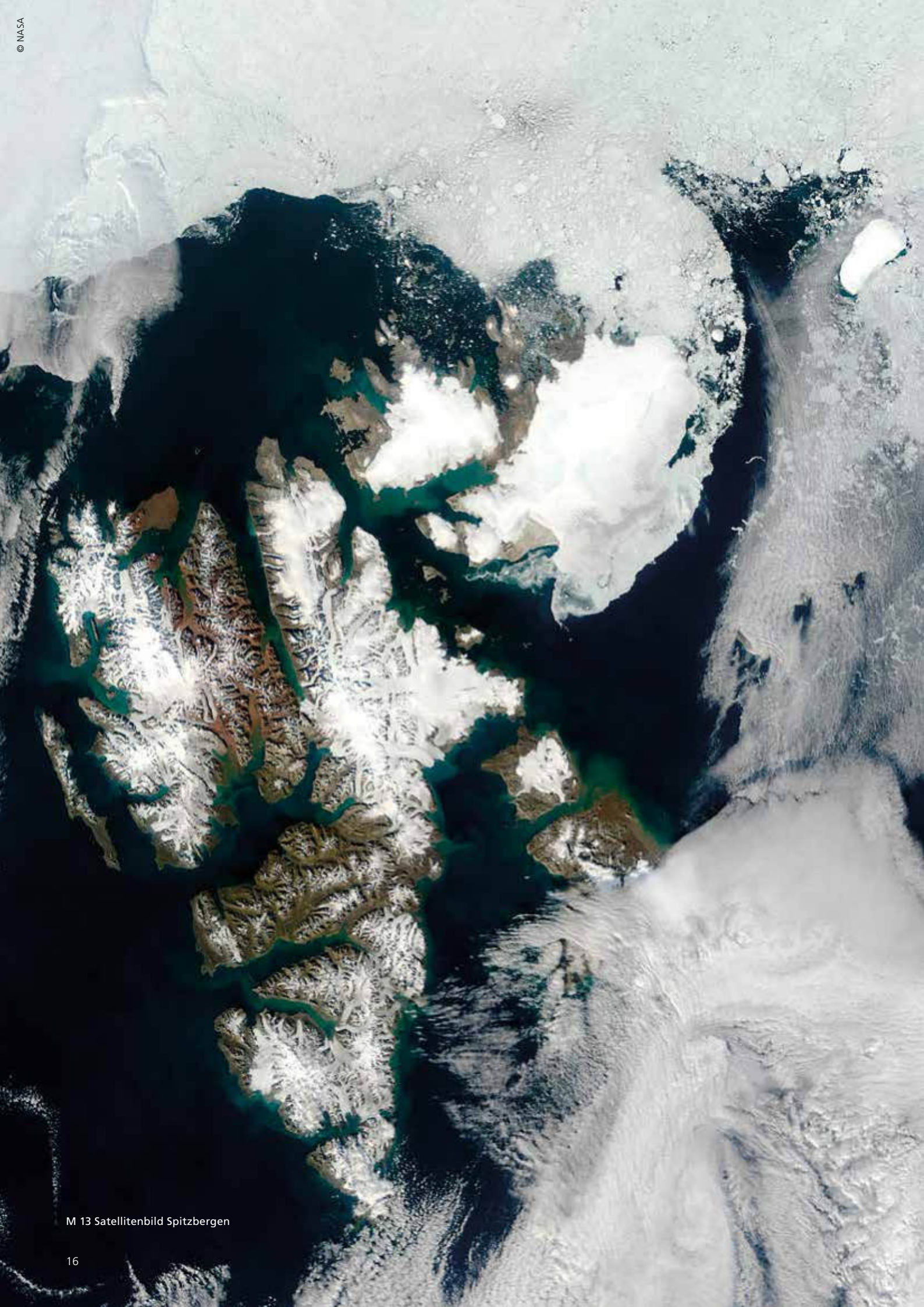
Doch Gletscher sind nicht die einzigen Eismassen, die in den polaren Gebieten der Erde zu finden sind. Man unterscheidet drei Arten von Eis. Gletscher zählen zur Kategorie Inlandeis. In Spitzbergen befindet sich der nach Fläche größte Gletscher Europas, der Austfonna. Schelfeis bezeichnet eine vom Inlandeis auf den Flachwasserbereich (Schelf) übergehende Eismasse. Diese 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  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .











M 13 Satellitenbild Spitzbergen



## AUFGABE 6

a) Bestimme auf dem Satellitenbild [M 13] die verschiedenen Eisarten. Male sie in unterschiedlichen Farben aus und erstelle daraus eine Legende.

Legende:

Eine Legende ist eine Erklärung für alles, was man auf der Karte sieht. Sie besteht aus Flächen, Linien und Symbolen, die dann erklärt werden. Meistens findet man die Legende am unteren Kartenrand in der rechten oder linken Ecke.



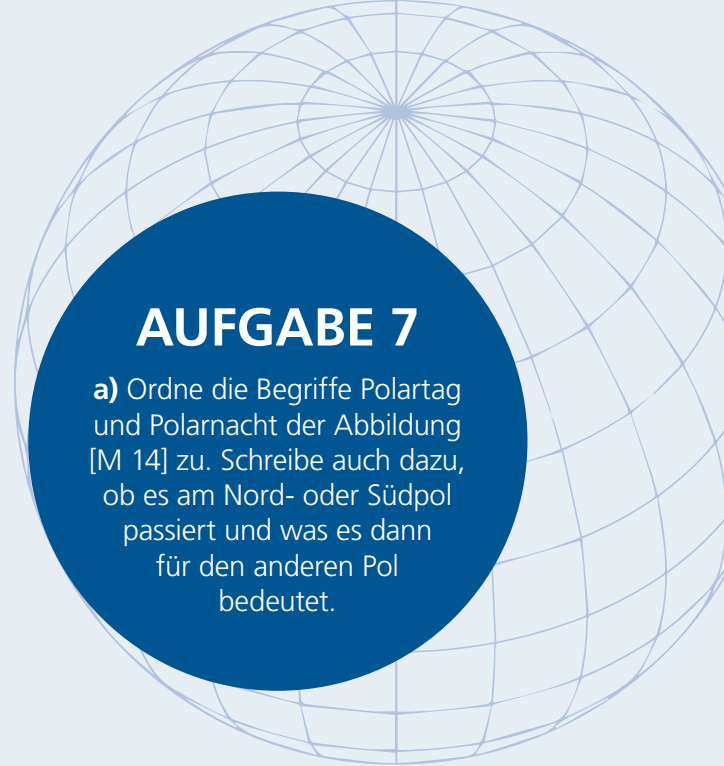
b) Warum kann man auf einem Satellitenbild nicht oder nur schwer unterscheiden, ob es sich um einen Eisberg oder eine Eisscholle handelt?

c) Wie könnte man Eisberg und Eisscholle doch unterscheiden?

Deine Antwort zur Aufgabe 6 b):

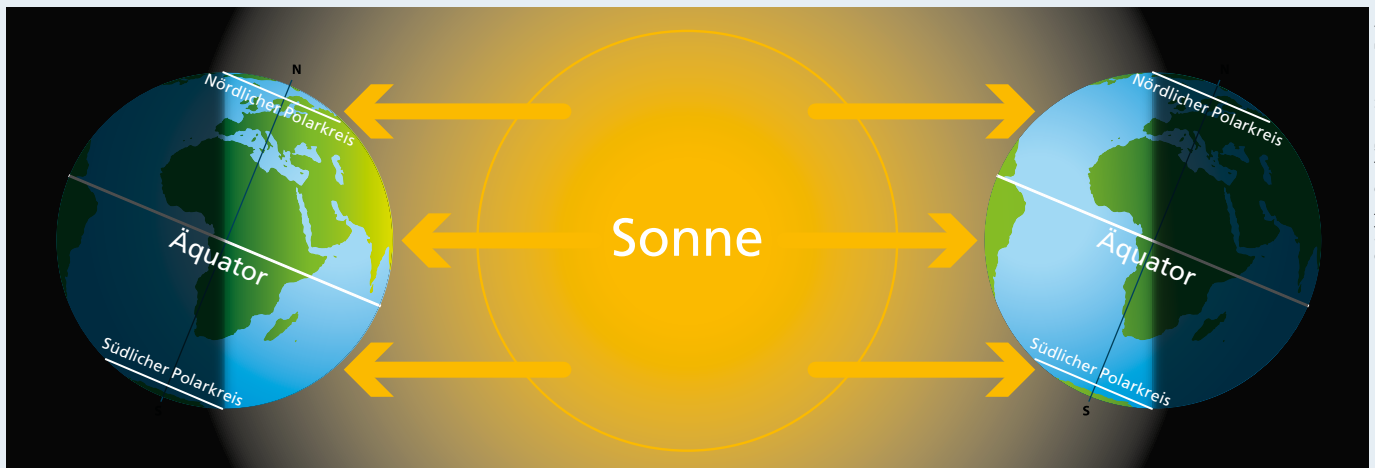
Deine Antwort zur Aufgabe 6 c):

Hast du dich schon mal gefragt, warum es im Winter früher dunkel wird als im Sommer? Das liegt daran, dass die Erde schräg zur Sonne steht. Dadurch ist der Nordpol im Sommer der Sonne zugewandt, im Winter von ihr abgewandt. In dieser Lage kreist die Erde um die Sonne. Im Jahresverlauf kehrt sich die Neigung zur Sonne zwei Mal um: Ab dem 21. Dezember zur Wintersonnenwende und ab dem 21. Juni zur Sommersonnenwende. Die Zeit um die Wintersonnenwende wird **Polarnacht** genannt. In dieser Phase ist für mehrere Monate, ungefähr von Ende Oktober bis Mitte Februar, die Sonne nicht direkt zu sehen. Um die Sommersonnenwende kehrt sich der Effekt um und man spricht vom **Polartag**, ungefähr von Mitte April bis Ende August. Die Sonne geht in diesem Zeitraum nicht unter und wird daher auch Mitternachtssonne genannt. Spitzbergen liegt weit im Norden, weswegen Polartag und Polarnacht hier besonders wahrzunehmen sind.



## AUFGABE 7

a) Ordne die Begriffe Polartag und Polarnacht der Abbildung [M 14] zu. Schreibe auch dazu, ob es am Nord- oder Südpol passiert und was es dann für den anderen Pol bedeutet.



M 14 Polartag und Polarnacht






Deine Antwort:

**b)** Beschreibe mit eigenen Worten, wann die Sonne Mitternachtssonne genannt wird und warum.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**c)** Entscheide, ob diese Aussagen wahr oder falsch sind. Verbessere die falschen Aussagen.

Im Winter geht die Sonne früher unter, weil die Erde weiter von der Sonne entfernt ist.

**Wahr** **Falsch, denn...**

\_\_\_\_\_

Polarnacht bedeutet, dass die Sonne mehrere Monate nicht zu sehen ist.

**Wahr** **Falsch, denn...**

\_\_\_\_\_

Je näher man sich an den Polen befindet, desto länger dauern Polartag und Polarnacht.

**Wahr** **Falsch, denn...**

\_\_\_\_\_



Arktische Sommerlandschaft Svalbard, Spitzbergen

## Was lebt hier?

Wo es so kalt ist, kann nicht viel leben denkst du?  
Weit gefehlt!

Zwar sorgen die niedrigen Temperaturen, die Schneebedeckung des Bodens und die Dunkelphase während der Polarnacht für eine kurze Vegetationsperiode, mit der nur wenige Pflanzen zurechtkommen. Diese sind allerdings perfekt an die Bedingungen angepasst. Das heißt aber auch, dass sie auf klimatische Veränderungen besonders empfindlich reagieren.

Die offene, baumlose Landschaft nennt man Tundra. Hier ist es viel zu kalt für Bäume, aber Moose, Flechten und Zwergsträucher und Algen im Wasser fühlen sich wohl. Etwa 5.900 verschiedene Pflanzenarten gibt es in der Arktis. Damit die Pflanzen nicht austrocknen, erfrieren und vor dem eisigen Wind geschützt sind, wachsen sie dicht und niedrig. Kurze Wurzeln können das Wasser des Schnees und Permafrosts, die im Sommer teilweise auftauen, schnell aufnehmen. Flechten brauchen gar keinen Boden, sie sind auch mit Steinen zufrieden, auf denen sie wachsen können.

Die Vegetationsperiode beschreibt den Zeitraum, in dem Pflanzen wachsen, also wenn es warm und hell genug ist und die Pflanzen genug Wasser haben.







## AUFGABE 8

Schau dir die folgenden Bilder an und bestimme durch Ankreuzen, welche Pflanzen in der Tundra zu finden sind und erkläre, warum bzw. warum nicht.

© Adobe Stock/Philipp Sürth



---

---

---

---



---

---

---

---

© Adobe Stock/Lunderworld

© Wikipedia/Ökologix



---

---

---

---



---

---

---

---

© Wikipedia/Dosyk11

An Land der arktischen Gebiete leben etwa 6.000 Tierarten, die meisten davon sind Insekten. Zu den Säugetieren zählen nur 75 Arten, darunter Polarfüchse, Schneehasen und Rentiere. Das sicherlich bekannteste Tier der Arktis ist der Eisbär, der nur im nördlichen Polargebiet zu Hause ist. Eisbären sind die größten Raubtiere, die an Land leben, aber auch gute Schwimmer sind. Trotzdem brauchen sie Eisflächen, um ihre Jungen aufzuziehen oder Robben zu jagen, die auf ihrem Speiseplan ganz oben stehen. Die Arktis ist auch ein vogelreiches Gebiet: 240 Arten sind hier zu Hause, besonders in den Sommermonaten. Dann fliegen viele Zugvögel in den Norden, um zu brüten, beispielsweise das Schneehuhn. Im Meer tummeln sich neben verschiedenen Robbenarten auch Walrosse und Wale, wie zum Beispiel der Narwal. Natürlich sind hier auch viele Krebs- und Fischarten zu finden und sogar Haie wie der Grönlandhai.

Auch die Tiere sind perfekt an die äußeren Bedingungen angepasst: Viele haben einen kleinen Körper und kurze Arme und Beine, um nicht zu viel Wärme zu verlieren. Die Tiere, die an Land leben, haben meistens helles Fell, um gut getarnt gegen Fressfeinde zu sein oder selbst unauffällig jagen zu können. Eine dicke Speckschicht sorgt für Wärme, dichtes, langes Fell fängt Luft ein, auch das hält schön warm. Die Fische haben eine Art Frostschutzmittel (sogenannte Glycoproteine) im Blut, der dafür sorgt, dass es nicht einfriert.

## AUFGABE 9

Schau dir die folgenden Bilder an und erkläre, wie das Tier jeweils an die klimatischen Bedingungen auf Spitzbergen angepasst ist.

© Adobe Stock/Alexey Seafarer



Polarfuchs

---

---

---

---

© Adobe Stock/Ellen Goff/Danita Delimont



Walrosse

---

---

---

---

© Adobe Stock/Ian Scott



Dorsch

---

---

---

---





© Adobe Stock/Paul Souders/Danila Delimont

Ein Eisbär klettert auf einen schmelzenden Eisberg, der in der Nähe des Polarkreises auf dem Meer treibt.

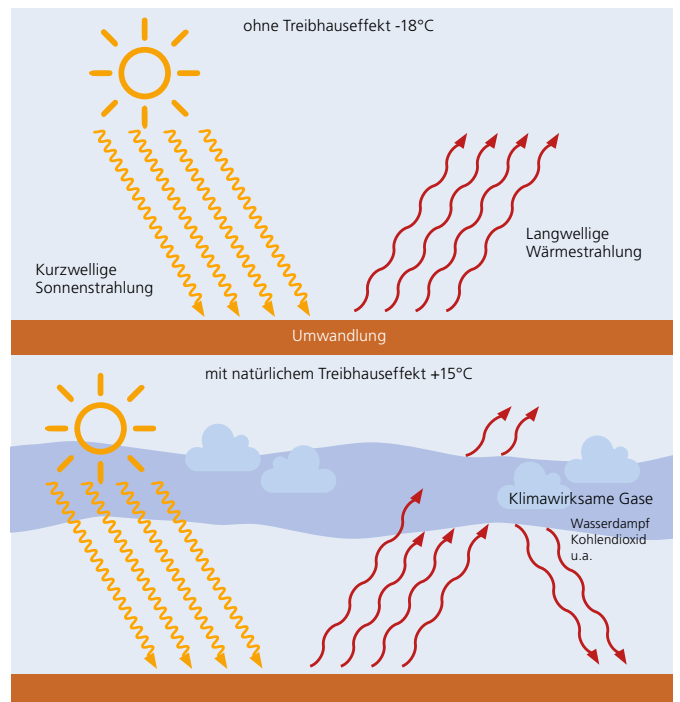
# Die Arktis heizt sich auf

**Der Klimawandel ist mittlerweile überall zu spüren. Doch woran liegt es, dass es immer wärmer wird? Hast du schon einmal vom Treibhauseffekt gehört? Dieser ist ein wichtiger Prozess und macht das Leben auf der Erde erst möglich.**

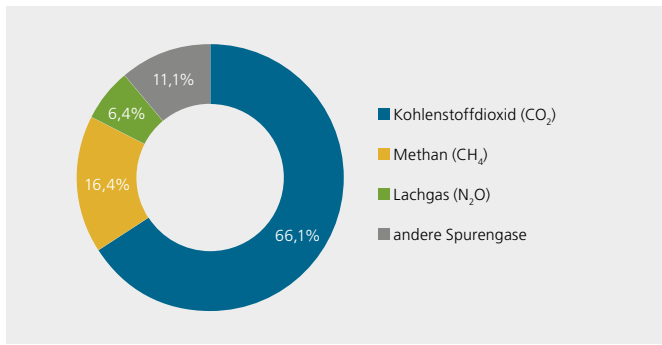
**i**

Von der Sonne kommt vor allem kurzwellige Strahlung auf die Erdoberfläche, die wir als Licht sehen. Sie wird teilweise direkt reflektiert, teilweise absorbiert. Als langwellige Wärmestrahlung wird ein Teil wieder abgegeben. In der Atmosphäre befinden sich Treibhausgase. Sie sorgen dafür, dass die Wärmestrahlung wieder reflektiert wird. Dieser natürliche Treibhauseffekt hält unser Klima stabil.

Doch durch den Bau von Fabriken, den Autoverkehr und die Massentierhaltung werden viel mehr Treibhausgase ausgestoßen als früher. Vor allem wird Kohlenstoffdioxid ausgestoßen. Es entsteht durch Verbrennung in der Industrie, in der Energiegewinnung und im Verkehr. Doch auch Methan und Lachgas sind klimaschädliche Gase. Zwar wird davon nicht so viel ausgestoßen wie vom CO<sub>2</sub>, sie sind aber viel schädlicher. Sie entstehen vor allem in der Landwirtschaft und Massentierhaltung.



M 15 Der natürliche Treibhauseffekt

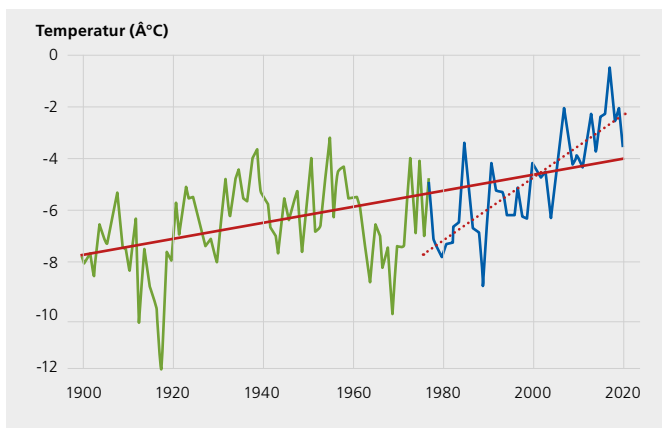


M 16 Verantwortliche Gase für den Treibhauseffekt

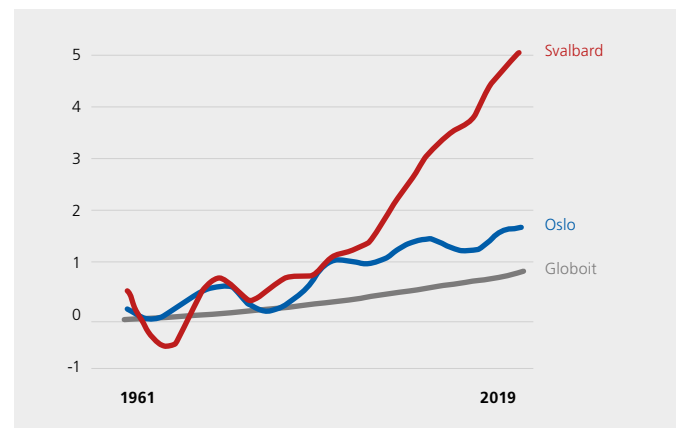
Zwischen 1970 und 2020 ist die Temperatur auf Spitzbergen durchschnittlich um 4 °C gestiegen, in den Wintermonaten sogar um 7 °C. Am 25. Juli 2020 wurden 21,7 °C gemessen. So warm war es hier noch nie!

Die Arktis erwärmt sich doppelt so schnell wie der Rest des Planeten.

Durch die höheren Temperaturen schmelzen Schnee und Eis. Wasser und schneefreier Untergrund können die Strahlung der Sonne schlechter reflektieren. Dadurch wärmen sich diese Flächen auf und noch mehr Eis schmilzt. Die Flächen, die die Sonnenstrahlung zurückwerfen, werden immer kleiner. Dieser Effekt verstärkt sich also selbst, was man **positive Rückkopplung** nennt: Die Ursache verstärkt die Wirkung und die Wirkung verstärkt wiederum die Ursache.



M 17 Temperaturanstieg auf Spitzbergen seit 1900



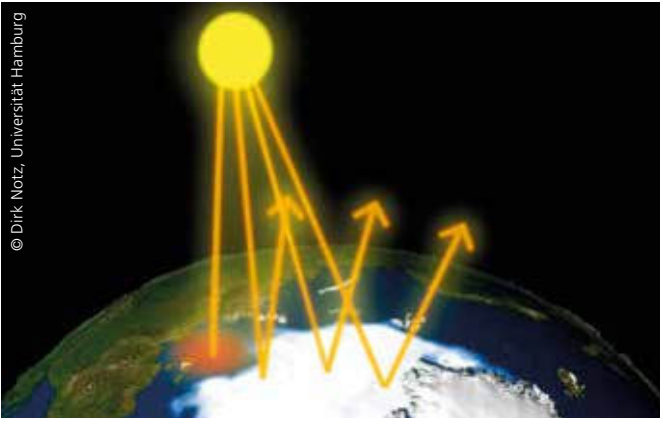
M 18 Temperaturanstieg im Vergleich

Du erinnerst dich:  
Die Albedo beschreibt das Rückstrahlvermögen von Oberflächen: helle Oberflächen reflektieren den Großteil der Sonnenstrahlung, dunkle absorbieren diese und wärmen sich dabei auf. Der Albedo-Wert liegt zwischen 0 (wenig Rückstrahlung) und 1 (viel Rückstrahlung)

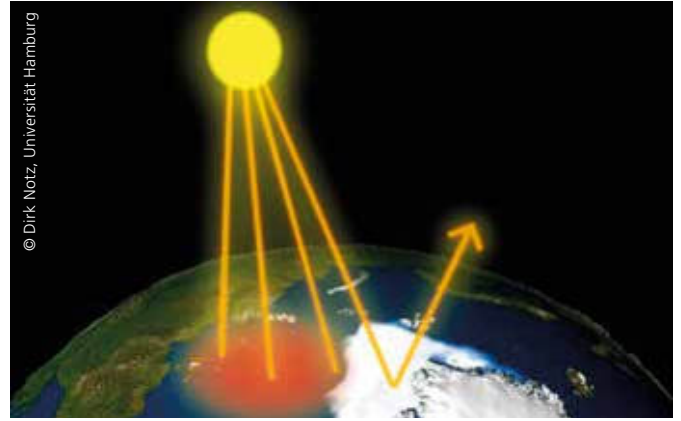
Spurengase heißen deswegen Spurengase, weil sie nur in Spuren der Atmosphäre vorhanden sind.







M 19 Albedo unterschiedlicher Flächen



© Dirk Notz, Universität Hamburg

Um dir das besser vorstellen zu können, kannst du dieses **Experiment** ausprobieren:

**Du brauchst:**  
 2 Gläser mit Eiswürfeln, je ein Blatt schwarzes und weißes Papier

Platziere ein Glas mit Eiswürfeln auf dem schwarzen Blatt Papier, das andere Glas mit Eiswürfeln auf dem weißen Blatt Papier. Stelle beide Gläser in die Sonne. Was beobachtest du?

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

## AUFGABE 10

a) Schau dir die beiden Satellitenbilder [M 20] an. Beschreibe, was dir auffällt.

b) Miss nach, wie viele Meter die Eisfläche im markierten Bereich im Vergleich zum Jahr 1990 geschmolzen ist. Nutze dafür den Maßstab auf dem Bild unten rechts.

Die Eisfläche ist um  Kilometer geschmolzen.



M 20 Satellitenbildaufnahmen von Spitzbergen im August 1990 und 2017

---



---



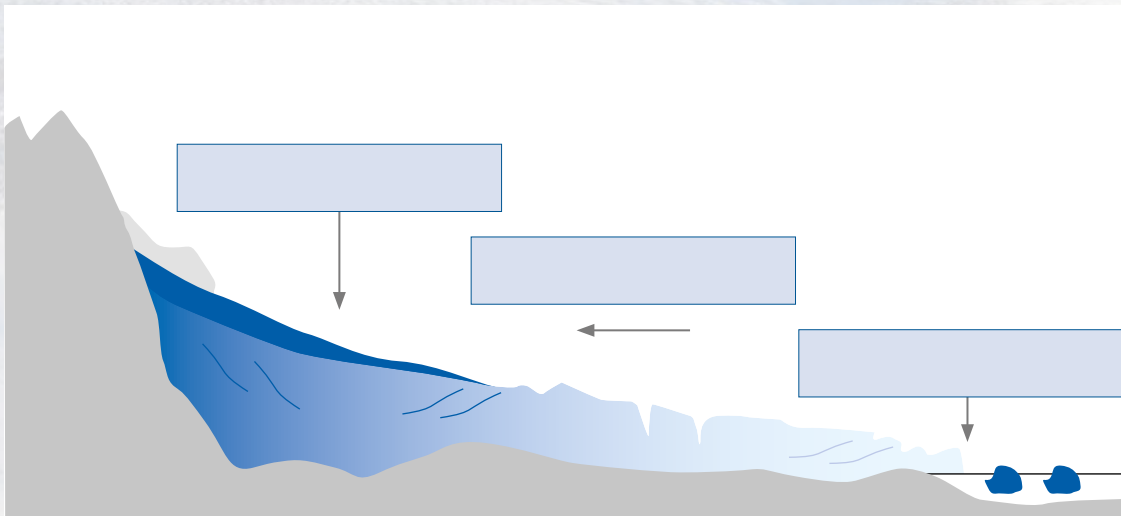
---

# Gletscher

Auch die Gletscher sind vom Klimawandel betroffen: dadurch, dass weniger Schnee fällt, bauen sie sich langsamer auf, als sie durch **Tauen**, **Rückzug** und **Kalben** verlieren. Tauen bedeutet, dass Gletscher an Masse verlieren, Rückzug, dass sie an Länge verlieren. Gletscher kalben, wenn Eis vom Gletscher abbricht. Wenn dies an der Küste passiert, werden aus den abgebrochenen Eisblöcken Eisberge.

## AUFGABE 11

Beschrifte die Kästchen im Diagramm [M 21].



M 21 Gletscherdiagramm

# Permafrost

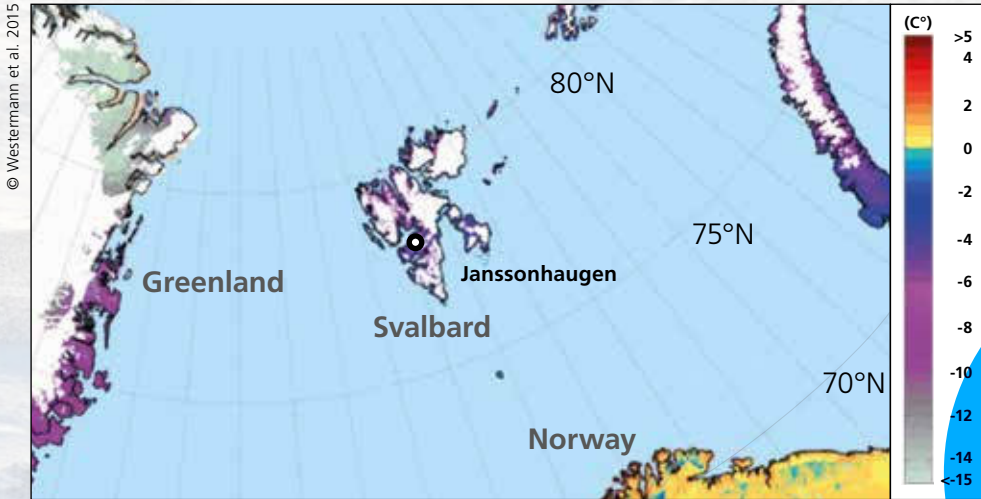
Im Dauerfrostboden ist doppelt so viel Kohlenstoff in Form von Biomasse enthalten wie es zurzeit als Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) in unserer Atmosphäre existiert. Wenn nun der Permafrost taut, werden Mikroorganismen aktiv und zersetzen das Material. Dabei entstehen Kohlenstoffdioxid und Methan ( $\text{CH}_4$ ). Methan ist ein Treibhausgas, das etwa 25 mal klimaschädlicher ist als Kohlenstoffdioxid. Diese Treibhausgase werden nun freigesetzt, was den Klimawandel weiter vorantreibt.

Der Permafrost in Spitzbergen ist der wärmste in den arktischen Gebieten. Auch dieser Dauerfrostboden wird durch die höheren Temperaturen dünner und die Auftauschicht dicker. Weltweit rechnet man mit einem Rückgang von 25 bis 44 %.

Biomasse ist hier die Gesamtheit aller Pflanzen- und Tierreste.





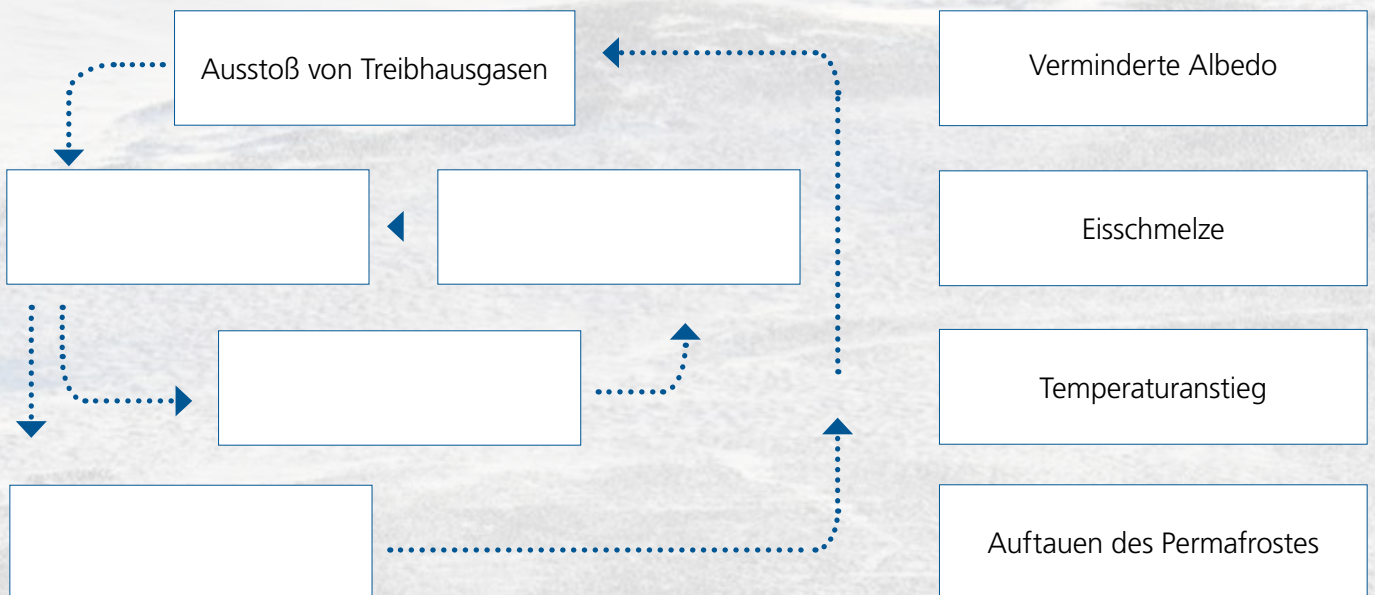


M 22 Permafrosttemperatur in Spitzbergen

## AUFGABE 12

Fülle das Wirkungsgefüge mit den folgenden Begriffen aus:

### „Teufelskreis der Klimaerwärmung“



Das Tauen des Permafrosts hat auch direkte Auswirkungen auf das Leben der Menschen in Spitzbergen. Straßen sacken ab und Häuser stürzen ein. Sie werden auf Stahlpfeilern neu aufgebaut. Die Pfeiler sorgen für einen Abstand des Hauses vom Boden, damit der Permafrost vor Wärme geschützt wird.



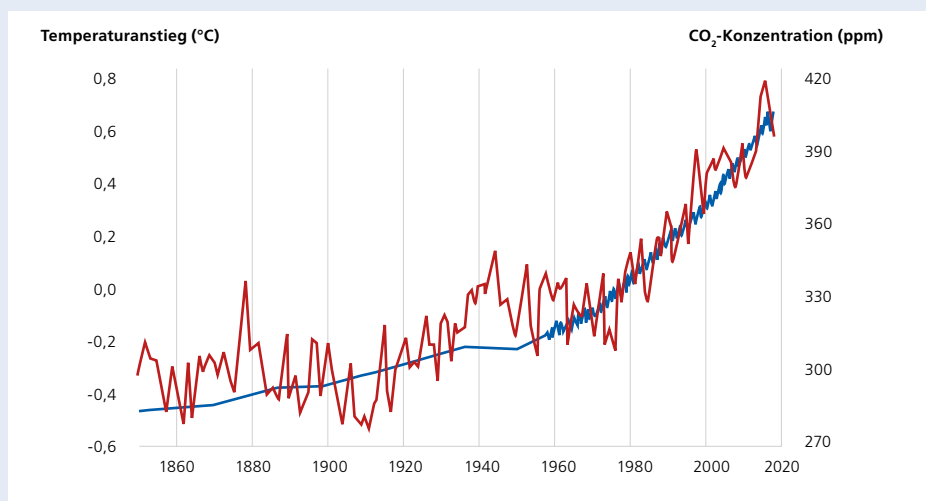
M 23 Haus auf Stelzen



# Ursachen und Strategien

Treibhausgase sind der größte Verursacher des Klimawandels. Aktiv ausgestoßen werden sie durch Verkehr, Industrie und Massentierhaltung. Passiv gehen sie durch Auftauen des Permafrostes, Austrocknung von Mooren und große Waldbrände in die Atmosphäre über. Selbst wenn ab sofort keine Treibhausgase mehr ausgestoßen werden, wären die Auswirkungen noch in 20 Jahren zu spüren. Denn die Treibhausgase brauchen zum Teil eine lange Zeit, bis sie in der Atmosphäre wirken.

Was kann also getan werden, um den Klimawandel zu verlangsamen? Vertreterinnen und Vertreter der Vereinten Nationen (UN) haben sich 2015 zum Ziel gesetzt, die Welt nachhaltiger und gerechter zu gestalten. Dazu haben sie 17 Nachhaltigkeitsziele vereinbart, die sogenannten Sustainable Development Goals (SDGs). Diese beziehen sich nicht nur auf die Umwelt, sondern auch auf die Menschen.



M 24 Zusammenhang zwischen CO<sub>2</sub>-Konzentration (blau) und Anstieg der globalen Temperatur (rot)





M 25 Die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung

### Zum Thema Klima kann man zwei Gruppen unterscheiden:

Die erste Gruppe umfasst den Schutz des Klimas, dazu gehört z. B. auch SDG 13. Das bedeutet, dass weniger Kohlenstoffdioxid und Methan ausgestoßen werden müssen, damit sich die Temperatur auf der Erde nicht noch weiter erhöht. Die zweite Gruppe umfasst Anpassungen an die Folgen des Klimawandels, also zum Beispiel an große Überschwemmungen. Dazu gehört auch SDG 15.



In **SDG 13** wird gefordert, den Klimawandel zu bekämpfen, aber sich auch vor ihm zu schützen.

Spitzbergen trägt, obwohl es eine kleine Inselgruppe ist, auch zum Klimawandel bei. Das liegt vor allem daran, dass man Flugzeuge braucht, um zum Festland zu kommen und dass hier nach wie vor Steinkohle abgebaut und verbrannt wird. Der Kohleabbau ist wichtig für die norwegische Wirtschaft, denn viele Leute arbeiten in den Bergwerken.



In **SDG 15** wird gefordert, das Land nachhaltig zu nutzen und die Natur zu schützen. In Spitzbergen wird Kohle verbrannt und das Klima erforscht. Das passt schwer zusammen. Hier ist der Klimawandel schon sehr stark zu spüren. Daher

werden hier vor allem Anpassungen vorgenommen, zum Beispiel zum Schutz vor Lawinen.

Das Wetter wird genau beobachtet. Wenn es regnet, friert und dann schneit, gilt Alarmstufe rot. Die Menschen in Risikogebieten müssen dann ihre Häuser verlassen, bis die Gefahr vorbei ist. Viele Einwohnerinnen und Einwohner mussten schon in sichere Gebiete umziehen.

Aber auch für den Klimaschutz kann man dort etwas tun: Häuser werden auf Stelzen gebaut, um den Permafrost nicht weiter aufzuwärmen. Das sind allerdings nur kurzfristige Maßnahmen. Langfristig muss Spitzbergen aufhören, Kohle zu verbrennen und stattdessen auf erneuerbare Energien setzen. Für die Menschen müssen andere Beschäftigungsmöglichkeiten gefunden werden. Forschung, Tourismus und Bildung sollen weiter gefördert und ausgebaut werden. Erneuerbare Energien wie Windenergie werden schon teilweise genutzt, um die Häuser zu heizen und in den nächsten Jahren soll ein Wasserstoffkraftwerk entstehen, um sauberen Strom zu erzeugen. Das Ziel ist, in den nächsten zehn Jahren klimaneutral zu sein.

# Arctic Greening

Durch den Klimawandel steigen die Temperaturen, es gibt weniger Frosttage und mehr Regen. Das sorgt dafür, dass sich die Vegetationsperiode verlängert. Es wachsen mehr Pflanzen und sie wachsen dichter. Auch Arten, denen es sonst zu kalt ist, siedeln sich an. Weil das Eis taut, werden Nährstoffe freigesetzt, die vorher eingeschlossen waren. All diese Auswirkungen lassen sich unter dem Begriff **Arctic Greening**, also arktische Begrünung, zusammenfassen.

Zwischen 1985 und 2016 wurde die arktische Tundra um etwa ein Drittel grüner. Was an der Oberfläche zu sehen ist, stellt allerdings buchstäblich nur die Spitze des Eisberges dar: Die Pflanzen sind so gut an die kalten Klimabedingungen angepasst, dass ihre Wurzeln in der Kälte des Winters überleben. Sie treiben erst dann aus, wenn es wärmer wird.

Pflanzen können zwar CO<sub>2</sub> aufnehmen, aber durch das Tauen des Permafrosts werden mehr Treibhausgase freigesetzt. Größere Pflanzen fangen den Schnee ein. Dieser wärmt, wodurch der Permafrost weiter tauen kann.

Die steigenden Temperaturen machen sich schon am Anfang der Nahrungskette bemerkbar, nämlich bei den Algen im Wasser. Auch diese wachsen schneller und mehr, sodass Zooplankton und Fische mehr Nahrung finden.

Die Landtiere in der Arktis finden nun im Frühling mehr zu fressen. Im Winter allerdings, wenn es regnet statt schneit, bilden sich Eisschichten auf der Schneedecke. Dieses Eis können Tiere meistens nicht durchdringen und finden weniger zu fressen.

**Zooplankton** ist tierisches Plankton, zum Beispiel kleine Krebse.

**Phytoplankton** hingegen sind Pflanzen, vor allem verschiedene Algenarten.



M 26 Rentiertal am 29. April 2015 und 9. Juli 2015



## AUFGABE 13

a) Beschreibe kurz, warum es in der Arktis grüner wird.

Deine Antwort:

---

---

---

---

---

b) Fasse zusammen, welche positiven und negativen Auswirkungen das Arctic Greening mit sich bringt.



**Positiv**

---

---

---

---

**Negativ**

---

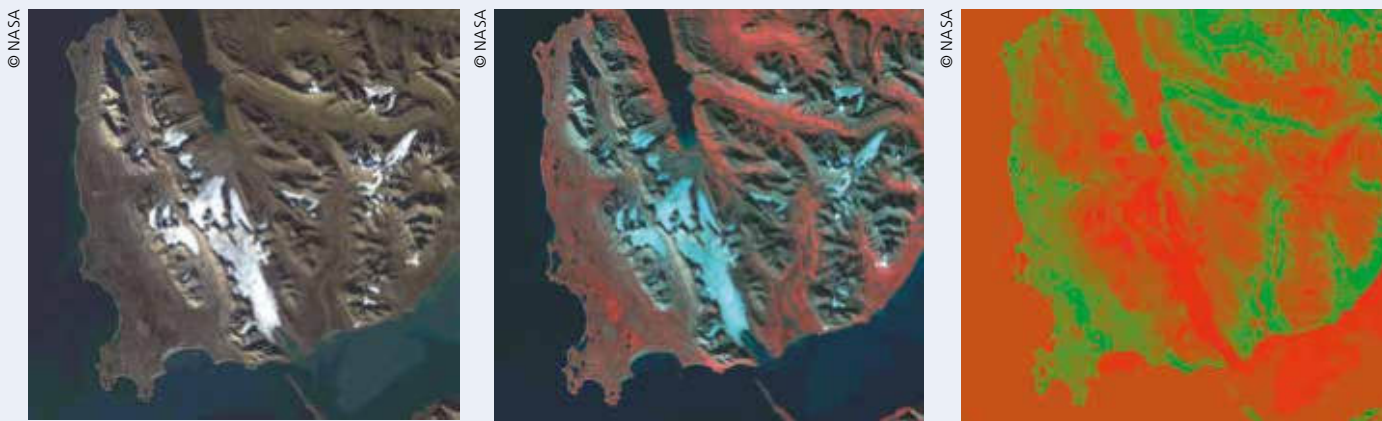
---

---

---

Um Oberflächen einfacher zu unterscheiden oder Flächen besser erkennen zu können, werden sogenannte Falschfarbenbilder eingesetzt. Sie entstehen, wenn man die Farbkanäle des Satellitenbildes im Bildbearbeitungsprogramm am Computer verändert. Je nachdem welche Kombination man verwendet, entstehen unterschiedliche farbige Satellitenbilder. Pflanzen reflektieren im Infrarotbereich, den wir nicht sehen können, viel Strahlung. Wenn man sich die Vegetation im Satellitenbild genauer anschauen möchte, dann sollte man den infraroten Kanal verwenden und die

Vegetation wird in Rottönen dargestellt (mittleres Bild). Möchte man etwas über den Gesundheitszustand von Pflanzen herausfinden, kann man den Vegetationsindex, den sogenannten NDVI (normalized difference vegetation index, dt.: normierter differenzierter Vegetationsindex) berechnen. Der Computer errechnet anhand der reflektierten Strahlung den Vegetationsindex. Auch hier wird die infrarote Strahlung genutzt. Gesunde Vegetation wird dann in einem leuchtenden Grün dargestellt, Bereiche ohne Vegetation in Rot (rechtes Bild).



M 27 Barentsburg 2020 in Echtfarbendarstellung, Falschfarbendarstellung und NDVI-Darstellung

## AUFGABE 14

a) Schau dir die Satellitenbilder [M 27] an und benenne, was jeweils durch die rote Farbe hervorgehoben wird.

---



---



---



---

b) Beschreibe, wo besonders viel Vegetation wächst.

---



---



---

c) Beschreibe, welche Landschaftsarten du erkennen kannst.

---



---



---



# Was kann ich tun?

Wie du am Anfang dieses Heftes erfahren hast, sind vor allem Treibhausgase die Verursacher des Klimawandels. Es geht also darum, den Ausstoß von Treibhausgasen zu reduzieren. Aber wie können wir das schaffen? Was du persönlich tun kannst, um dem Klimawandel entgegenzuwirken, ist zum Beispiel weniger Fleisch zu essen. Denn für Massentierhaltung werden Regenwälder in Südamerika abgeholzt, die viel CO<sub>2</sub> speichern. Viele Flächen werden auch abgeholzt, um Soja anzubauen, was zu Futtermittel für die Tiere verarbeitet wird. Soja für Tofu kommt übrigens meistens aus Europa und legt einen deutlich kürzeren Weg auf unseren Teller zurück. Hierfür müssen auch keine Wälder abgeholzt werden.

Wer frisst, muss aber auch verdauen: nirgendwo wird so viel Methan ausgestoßen wie in der Tierhaltung. Leider macht bio da kaum einen Unterschied. Auch hier werden große Herden gehalten, die zwar ein bisschen mehr Platz haben und auch das Tageslicht sehen dürfen. Methan ausgestoßen wird aber trotzdem. Doch das bedeutet nicht, dass du auf dein Grillwürstchen verzichten musst: Supermärkte bieten heutzutage tolle pflanzliche Fleischalternativen, die nicht nur gut schmecken, sondern auch das Klima schützen. Vielleicht kannst du in deiner Familie ansprechen, ob ihr solche Alternativen mal ausprobiert oder an einzelnen Tagen gar kein Fleisch isst. Noch mehr Unterschied macht es übrigens, ob du auch auf Milchprodukte verzichtest.

Beobachte doch mal, wie lang die Strecken sind, die ihr mit dem Auto zurücklegt. Könnte man auch das Fahrrad oder öffentliche Verkehrsmittel nehmen oder zu Fuß gehen? Über 80 % der täglichen Autofahrten sind weniger als drei Kilometer lang! Auch Flugreisen tragen zum Klimawandel bei. Es gibt die Möglichkeit, Geld zu zahlen, um den Ausstoß der Treibhausgase auszugleichen, ausgestoßen wird aber trotzdem. Vielleicht könnt ihr für euren nächsten Familienurlaub einen Ort finden, an den man auch ohne Flugzeug kommt. Eine gute Alternative zu Kurzstreckenflügen ist die Bahn. Auch Deutschland hat übrigens sehr schöne Reiseziele!

Ein großes Thema in der Nachhaltigkeitsfrage ist auch der Konsum. Viele Menschen kaufen viel mehr, als sie eigentlich brauchen. Die Rohstoffe dafür legen große Strecken zurück und brauchen viel Energie und

Wasser bei der Herstellung. Oft werden sie nur einige Male oder kurze Zeit verwendet, um danach im Müll zu landen. Doch überlege mal, ob man aus einem Gegenstand oder Kleidungsstück nicht noch etwas Anderes herstellen könnte. Diese Methode wird „upcycling“ genannt. Die meisten Sachen, die man sich neu kaufen möchte, gibt es übrigens schon gebraucht, aber in gutem Zustand. Manchmal bekommst du sie sogar direkt um die Ecke!

Schau doch mal zu Hause nach Energiefressern. Achte drauf, dass Geräte nicht im Stand-by-Modus weiterlaufen und du das Licht ausmachst, sobald du den Raum verlässt. Und anstatt die Heizung voll aufzudrehen, tut es vielleicht ein wärmerer Pullover? Beim Zähneputzen und Einseifen kann man das Wasser abdrehen.



# Jetzt seid ihr dran!

Ihr habt viel Neues über Spitzbergen und die subpolare Klimazone erfahren. Nun seid ihr gefragt: Überlegt euch gemeinsam ein Projekt zum Schutz des Klimas!

In dem Schulwettbewerb „Beschützer der Erde“ der Deutschen Raumfahrtagentur im DLR werden genau solche Ideen und Projekte gesucht! Eure Idee zum Schutz des Klimas könnt ihr dort bis zum 31. März 2022 einreichen:

**[www.Beschuetzer-der-Erde.de](http://www.Beschuetzer-der-Erde.de)**

Um beim Wettbewerb erfolgreich zu sein, solltet ihr euch fragen: Welches Thema interessiert uns besonders? Ihr könntet beispielsweise als Klimadetektive auf Spurensuche nach Energiefressern im Haushalt gehen oder einen klimafreundlichen Speiseplan für eine Woche entwickeln. Wie wäre es mit einem Kinderbuch „Beschützer der Erde“ oder einen Reiseführer mit schönen Reisezielen in Deutschland entwickeln. Denkt aber daran, dass das Thema Fernerkundung auch eine Rolle spielen muss! Jetzt ist eure Kreativität gefragt. Ihr habt es in der Hand! Ihr seid die Zukunft! Gestaltet sie mit und werdet zu Beschützern der Erde!

Ich wünsche euch viel Spaß und Erfolg!





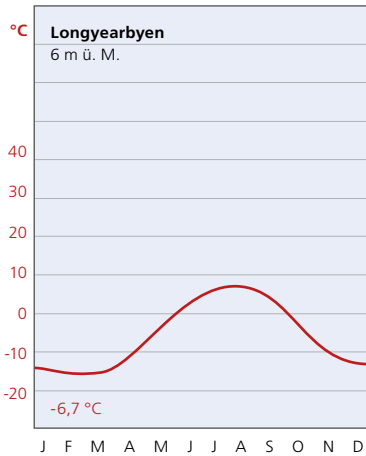
# Hilfestellung



Hier findest du Hilfe für die Stellen, die im Heft mit gekennzeichnet sind.

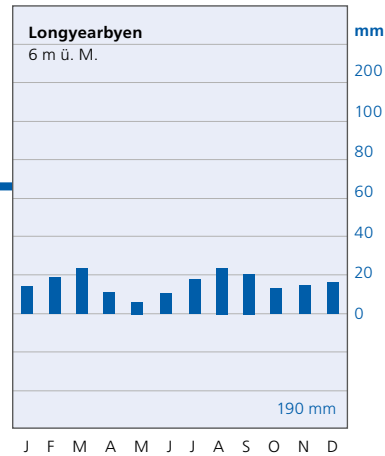
## Aufgabe 2b): Hinweise zum Lesen eines Klimadiagramms

Einfaches Temperaturdiagramm



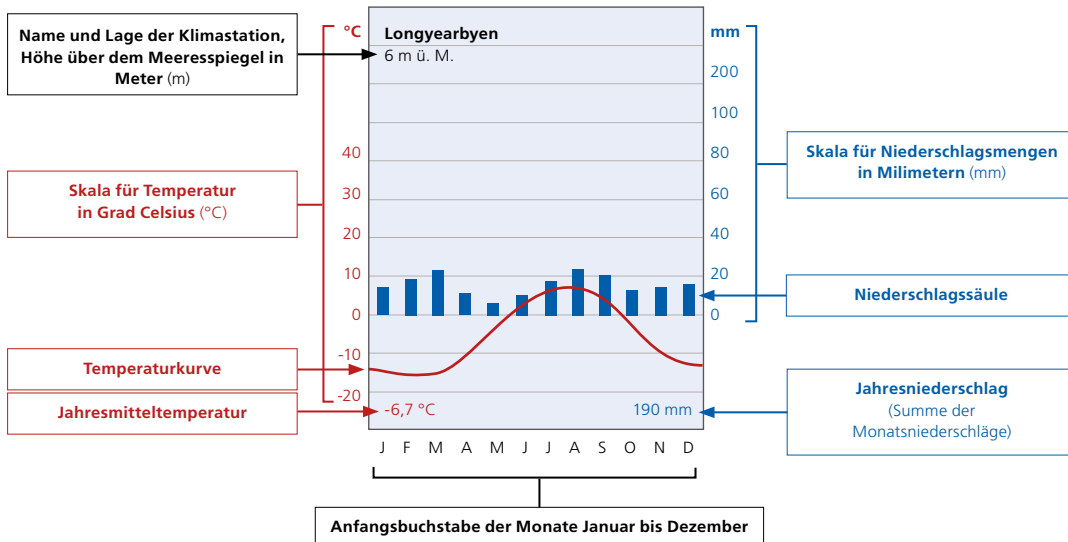
Kurvendiagramm

Einfaches Niederschlagsdiagramm



Säulendiagramm

Klimadiagramm



Ein **Klimadiagramm** besteht aus:

- einem **Kurvendiagramm** mit den **durchschnittlichen Monatswerten der Temperatur** und aus
- einem **Säulendiagramm** mit den **durchschnittlichen Monatssummen aller Niederschläge**

**2b)**

Um abzugleichen, ob deine Ergebnisse realistisch sind, vergleiche sie mit den Durchschnittswerten für Hopen, die du unten auf dem Diagramm über den Monatsabkürzungen findest.

Die Durchschnittswerte kannst du errechnen, indem du alle Werte einer Kategorie (Temperatur oder Niederschlagsmenge) zusammenzählst und durch die Anzahl der Monate im Jahr teilst. Bedenke, dass Niederschlag nicht nur Regen, sondern auch Schnee sein kann.

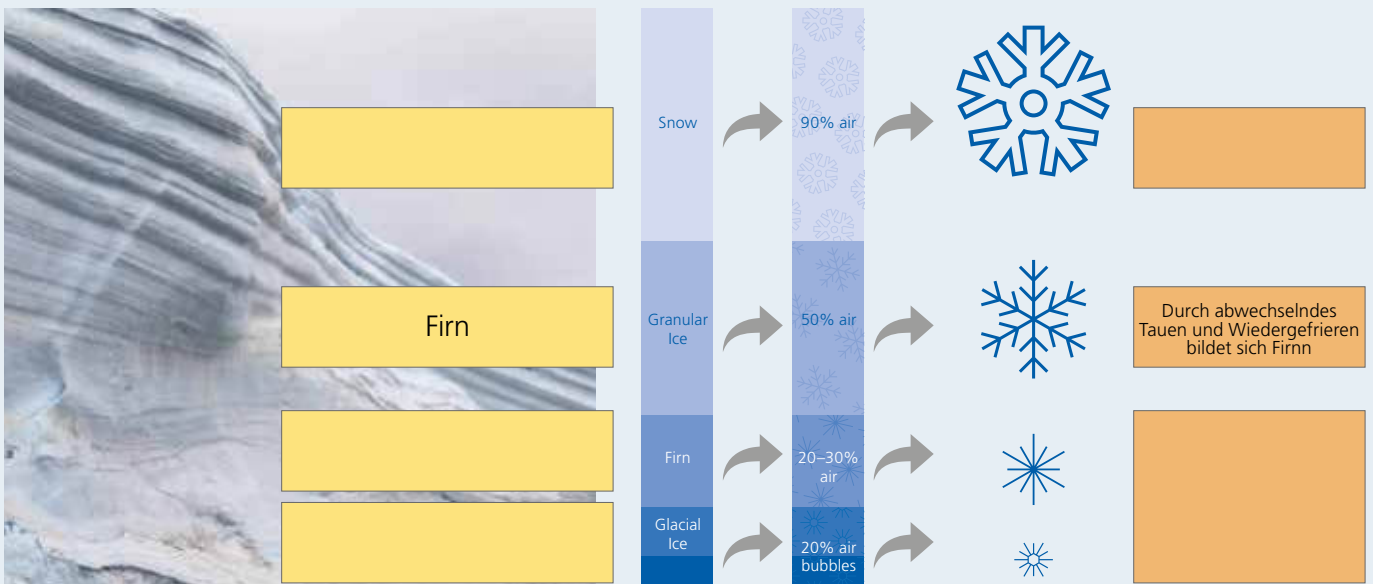


**Aufgabe 3:**

Das, was auf einem der drei Abschnitte zu sehen ist, befindet sich nicht auf der Erdoberfläche.

**Aufgabe 5:**

© Adobe Stock/KOLA STUDIO



M 12 Entstehung von Gletschern



**Aufgabe 6:**

- b) Bedenke, aus welcher Perspektive das Satellitenbild aufgenommen worden ist.
- c) Denke an den Verlauf der Sonne während eines Tages oder eines Jahres



**Aufgabe 8:**

© Adobe Stock/Philipp Sürth



Moos



Birken

© Adobe Stock/underworld

© Wikipedia/Ökologix



Sträucher



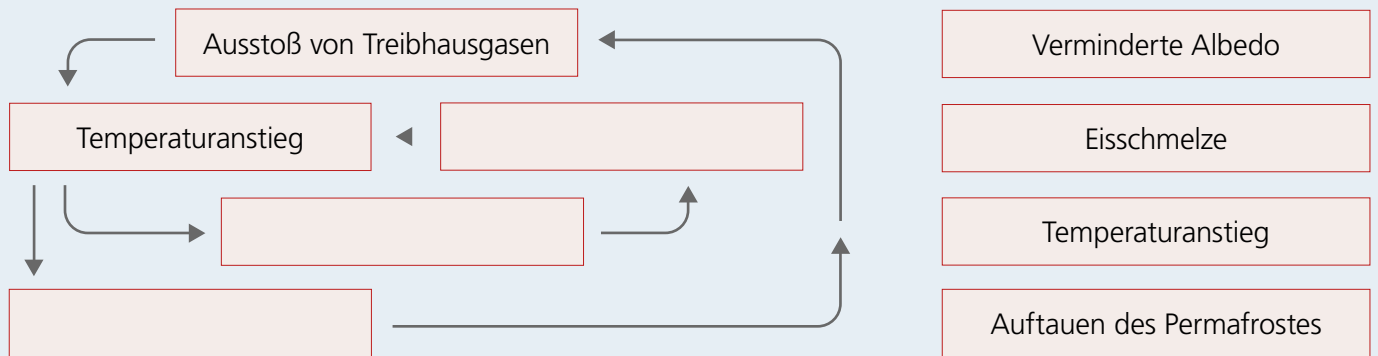
Gras

© Wikipedia/Dosyk11

Beachte die Bildbezeichnungen.



### Aufgabe 12:



### Aufgabe 13:

b)

#### Positiv

- Mehr Pflanzenwachstum

- Mehr Nahrung für Tiere

---

---

#### Negativ

- Größere Pflanzen fangen den Schnee ein,

Isolierungswirkung, Permafrost könnte weiter

aufgewärmt werden und tauen

---

---





## 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  
Telefon 0228 447-262  
E-Mail alexandra.herzog@dlr.de

### DLR.de

### Verfasser

Siegmund Space & Education gGmbH in Kooperation mit der Pädagogischen Hochschule Heidelberg, Abteilung Geographie

### Gestaltung

CD Werbeagentur  
Burgstraße 17  
53842 Troisdorf

### Druckerei

Kern GmbH  
In der Kolling 120  
66450 Bexbach

### Bildnachweise

Bilder DLR (CC-BY 3.0), soweit nicht anders angegeben.  
Titelbild: NASA, Landsat 8



Dieses Druckerzeugnis ist mit dem Blauen Engel ausgezeichnet.

