

BESCHÜTZER DER
ERDE
SPACE FOR CHANGE

Lehrerhandreichung Subpolare Zone
Spitzbergen – Arctic Greening im Ewigen Eis



Deutsche
Raumfahrtagentur
im DLR



Hintergrund

Der globale Klimawandel stellt eine der bedeutendsten gesellschaftlichen Herausforderung des 21. Jahrhunderts dar. Ihm aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Sicht nachhaltig zu begegnen, wird eine der wichtigsten Aufgaben dieser und kommender Generationen sein. Dabei rückt neben dem Klimaschutz auch die Beurteilung der inzwischen bereits unvermeidbaren regionalen Folgen der klimatischen Veränderungen und die Entwicklung nachhaltiger Anpassungsstrategien immer mehr in den Mittelpunkt des gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Interesses.

Für eine nachhaltige Entwicklung, zu der sich die Vereinten Nationen mit der Agenda 2030 und auf Basis der 2015 verabschiedeten Ziele für eine nachhaltige Entwicklung (engl. Sustainable Development Goals – SDGs) verpflichtet haben, braucht es Menschen, die im Rahmen ihrer täglichen Entscheidungen die Konsequenzen ihres Handelns überblicken können. Daher ist es wichtig, dass bereits junge Menschen sich mit diesem Thema beschäftigen und lernen, Verantwortung zu übernehmen. Insbesondere Kinder und Jugendliche als zukünftige Betroffene sowie als gesellschaftliche Akteurinnen und Akteure von morgen müssen daher frühzeitig darin gefördert werden, klimabedingte Risiken zu erkennen und Maßnahmen einer nachhaltigen Klimaanpassung zu entwickeln. Nicht zuletzt die „Fridays for Future“-Bewegung macht deutlich, dass sich ein großer Teil der Jugendlichen des Ernstes der Lage bewusst ist. Doch gerade die mediale Berichterstattung erschwert eine realistische Einschätzung der Entwicklungen im Bereich des Klimawandels, seiner Folgen sowie der notwendigen Interventions- und Anpassungsstrategien. Hier stehen schulische und außerschulische Bildungseinrichtungen in der Verantwortung.

Die Essenz der vorliegenden Lehr- und Lernmaterialien ist, dem Klimawandel mit den Aspekten des Klimaschutzes und der Klimaanpassung unter dem Einsatz moderner Fernerkundungsmethoden im Unterricht problem- und handlungsorientiert zu begegnen. Dabei stellen die Agenda 2030 und die Sustainable Development Goals (SDGs) die inhaltliche Basis aller Materialien und interaktiver E-Learning-Module dar. Im Fokus des Raumbeispiels Spitzbergen stehen dabei SGD 13: Maßnahmen zum Klimaschutz und SGD 15: Leben an Land.

Die Bearbeitung der digitalen und analogen Lehr- und Lernmaterialien dient gleichermaßen als Vorbereitung und Inspiration für den Schulwettbewerb „Beschützer der Erde - Space for Change“, bei dem Schülerinnen und Schüler eigene Ideen zum Thema Klimaschutz erarbeiten und im Rahmen eines Projekts umsetzen können. Zielgruppe dieser Materialien sind Schülerinnen und Schüler der 6., 7. und 8. Jahrgangsstufe.



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



Möglicher Ablaufplan

Die vorliegenden Materialien bestehen einerseits aus vier digitalen Lernmodulen und dem übergeordneten Modul „Unsere Erde nachhaltig gestalten“, in dem einleitend die Themen Klimaschutz und SDGs behandelt werden, andererseits aus vier korrespondierenden analogen Expertenheften und Lehrerhandreichungen. Begleitend dazu werden in jedem Heft die Grundlagen der Fernerkundung behandelt und praktisch angewandt.



Flugbahn des Satelliten Sentinel-2

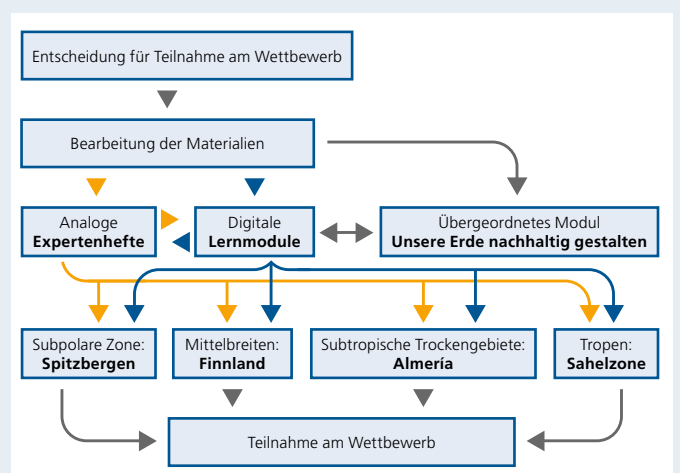


Thematisiert werden vier Klimazonen und in diesen vier Raumbeispiele, die sich auf der Flugbahn des Erdbeobachtungssatelliten Sentinel-2 befinden.

Analoge Hefte und digitale Module sind dabei einzeln nutzbar, stellen jedoch insgesamt eine Einheit dar.

Sie haben als Lehrkraft also die Wahl, wie Sie im Unterricht vorgehen möchten:

Die Entscheidung für eine Teilnahme am Wettbewerb kann Ihr Ausgangspunkt sein. Das übergeordnete Modul „Unsere Erde nachhaltig gestalten“ bietet einen guten Überblick über die Themen Klimawandel und SDGs und kann zu Beginn behandelt werden, um sich danach den Lehr- und Lernmaterialien zu widmen. Nachdem die Wahl auf ein Raumbeispiel gefallen ist, können Sie sich für eine rein analoge, eine rein digitale oder eine gemischte Methodik entscheiden. Ziel ist, dass die Klasse eine Region und ein Fallbeispiel auswählt und anhand diesem ihre Projektidee entwickelt. Die Bearbeitung der Themenhefte bietet sich beispielsweise im Rahmen einer Projektwoche an, kann aber auch vollständig oder kapitelweise in den Unterricht integriert werden.



Hilfestellung zur Themenfindung

Das Ziel kann dann die Teilnahme am Wettbewerb „Beschützer der Erde“ darstellen, bei dem Gruppen von Schülerinnen und Schülern Projektideen zum Thema Klimaschutz und Nachhaltigkeit einreichen können. Passend zum Raumbeispiel Spitzbergen kann das Thema Energie behandelt werden. Die Schülerinnen und Schüler könnten sich als Klimadetektive in ihrem Haus auf Spurensuche nach Energiefressern begeben, dies kreativ auf einem Plakat darstellen und anhand dessen das Thema Energiewende behandeln und nachhaltige Alternativen aufzeigen. Begleitend könnte eine Karte erstellt werden, auf der anhand von Satellitenbildern Windparks, Kohlegruben und Solaranlagen verortet sind, zusätzlich mit Informationen versehen, wie viel CO₂ ausgestoßen und wie viel Energie produziert wird.

Auch das Thema Ernährung kann gut in dieses Raumbeispiel integriert werden: Die Schülerinnen und Schüler können einen nachhaltigen Ernährungsplan für einen Tag oder eine Woche entwickeln, bei dem sie recherchieren, woher die einzelnen Nahrungsmittel kommen. Dies kann dann wieder anhand von Satellitenbildern auf einer Karte dargestellt werden, um die Transportwege und die CO₂-Werte darzustellen. Vergleichend dazu ist ein weniger nachhaltiger Speiseplan denkbar.

Um den Klimawandel auch Jüngeren zugänglich zu machen, könnten die Schülerinnen und Schüler ein Kinderbuch zum Thema „Beschützer der Erde“ entwickeln. Sie überlegen sich ein Konzept, wie dieses Thema aufbereitet und kreativ mit Satellitenbildern umgesetzt werden kann. Zum Schluss kann das Buch gedruckt und gebunden werden.

Eine weitere Idee könnte ein Reiseführer mit Satellitenbildern aus Deutschland sein, die das Heimatland als Reiseziel attraktiv darstellt. Besondere Beachtung finden könnten dabei fragile und schützenswerte Orte, anhand derer man nachhaltigen Tourismus erklärt und bewirbt.

Egal, wofür sich Ihre Schülerinnen und Schüler entscheiden, das Thema Fernerkundung sollte immer ein Bestandteil sein. Eine Linksammlung zu verwendbaren Satellitenzenen finden Sie auf der Internetseite www.beschuetzer-der-erde.de/fernerkundung-ausdem-all/zusatzmaterial/. Wir stellen Ihnen als Inspiration verschiedene analoge und digitale Vorlagen bereit, die Ihre Schülerinnen und Schüler nutzen können, auch diese werden auf der Wettbewerbsseite zur Verfügung gestellt. Des Weiteren finden Sie dort auch methodisch-technische Hilfestellungen für digitale Projekte wie Video- und Podcastaufnahmen.



Methodisch-didaktische Aufbereitung der fachwissen- schaftlichen Themen

Die methodisch-didaktische Herangehensweise der Expertenhefte beruht zum Großteil auf der Arbeit mit Satellitenbildern. Wenn dieses Thema vollkommen neu sein sollte und Interesse besteht, kann das geo:spektiv-Modul „Grundlagen der Fernerkundung“ vorangestellt werden, das Sie unter www.geospektiv.de finden.

Im Schülerheft werden einzelne Ausschnitte aus Satellitenbildern gezeigt und anhand dieser mit ihnen gearbeitet. Dabei sollen die Schülerinnen und Schüler sich zunächst mit dieser neuen und besonderen Betrachtung der Erde auseinandersetzen und Ausschnitte zu Klimazonen zuordnen, um sich danach Einzelphänomenen des Raumbeispiels zu widmen. Zu Beginn des Heftes wird die subpolare Klimazone beschrieben, die anhand von Klimadiagrammen erarbeitet wird. Ebenfalls zum Einsatz kommt die Arbeit mit Online-Karten, die mit der Arbeit an den Satellitenbildern verknüpft ist. So sollen die Schülerinnen und Schüler beispielsweise einen detaillierten Ausschnitt eines Satellitenbildes wiederfinden und benennen, woran sie ihn identifizieren konnten. Damit wird ihre Aufmerksamkeit geschärft und eine vertiefte Beschäftigung mit dem Thema Fernerkundung ermöglicht.

Für das Beispiel Spitzbergen bietet die Arbeit mit Satellitenbildern den Vorteil, Gegenden, die schwer zugänglich sind, darzustellen und Flächen, die von Schnee und Eis bedeckt sind, aufgrund von Strukturabweichungen unterscheiden zu können. Mit Falschfarbenbildern kann das Phänomen des Arctic Greening veranschaulicht und gleichzeitig die Vielfalt der Satellitenbildarbeit verdeutlicht werden.

Begleitet werden die Schülerinnen und Schüler in diesen Heften von einem virtuellen Forscherteam, bestehend aus einer Mitarbeiterin des DLR, Sarah, und einem Klimaforscher, Alfredo. Sie treffen in Spitzbergen auf Janne, einen Biowissenschaftler, der den Schülerinnen und Schülern besonders die biogenen Veränderungen aufgrund des Klimawandels in der Arktis näherbringt.

Zum Schluss des Heftes wird vom räumlich und thematisch mehr oder weniger weit entfernten Raumbeispiel zum persönlichen Lebensumfeld der Schülerinnen und Schüler übergeleitet. Es soll deutlich werden, was jede/r Einzelne/r tun kann, um dem Klimawandel zu begegnen und einen Beitrag für eine klimafreundliche Zukunft zu leisten.



Raumbeispiel Spitzbergen

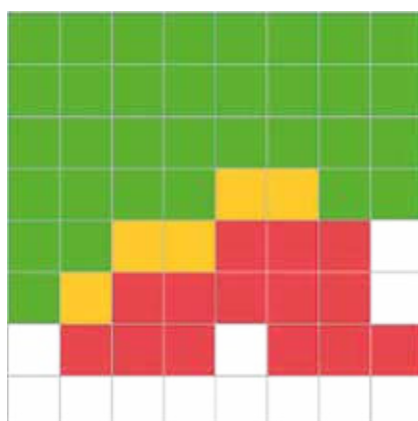
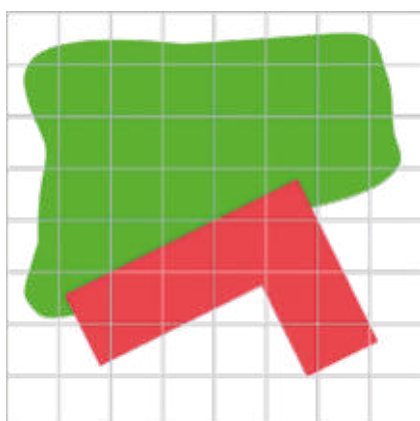
Die Arktis erwärmt sich doppelt so schnell wie der Rest des Planeten. Zwischen 1970 und 2020 ist die Temperatur auf Spitzbergen im Durchschnitt um 4 °C gestiegen. Dies ist den Effekten der sogenannten Eis-Albedo-Rückkopplung geschuldet: Durch die höheren Temperaturen schmelzen Schnee und das arktische Eis. Wasser und schneefreier Untergrund können Sonnenstrahlung schlechter reflektieren, der Großteil wird absorbiert. Dies führt zu weiterer Erwärmung, was wiederum zu weiterer Eisschmelze führt. Dadurch verkleinern sich die Flächen, die die Sonnenstrahlung zurückwerfen, noch weiter. Auch der Permafrost, von dem ein Großteil der Inselgruppe unterlagert ist, schmilzt mit drastischer Geschwindigkeit. Der Verlust des arktischen Meereises und die Permafrostschmelze stellen Kippelemente im Erdklimasystem dar: Äußere Veränderungen wie ein Temperaturanstieg kann diese Elemente in einen neuen Zustand versetzen, wenn ein bestimmter Kippunkt, im Fall des arktischen Eises und Permafrostes eine bestimmte Temperaturgrenze, erreicht ist. Dies kann unkontrollierbare und unum-

kehrbare Kaskadeneffekte auslösen. Das Ziel ist es, das Erreichen dieser Kippunkte zu vermeiden oder zumindest hinauszuzögern, das heißt, eine weitere Erhöhung der Temperaturen zu verhindern. In Spitzbergen wird nach wie vor Steinkohle abgebaut und verbrannt. Die Anstrengungen einer Energiewende und alternativer Beschäftigungsmöglichkeiten für die Mitarbeitenden der Kohlebranche sind unumgänglich. Weiterhin werden schon Anpassungen an den auf Spitzbergen deutlich spürbaren Klimawandel vorgenommen: Einwohnerinnen und Einwohner werden aus den Gefahrenzonen ausgesiedelt, für die ein kontinuierliches Monitoring durchgeführt wird. Häuser, die von Lawinen zerstört wurden, werden auf Stelzen wiederaufgebaut, einerseits, um für Lawinen weniger anfällig zu sein, andererseits um einer weiteren Erwärmung des Permafrostes entgegenzuwirken. Um Gebäude und Infrastruktur zu schützen, werden Erdwälle und Schutzmauern gebaut, um Lawinen, Murgänge und Felsrutschungen einzudämmen.

Einführung in die Fernerkundung

Fernerkundung bezeichnet die Beobachtung und Untersuchung der Erdoberfläche aus der Ferne. In der Erdumlaufbahn befinden sich Satelliten, die mit Fernerkundungssensoren ausgestattet sind. Diese erfassen Sonnenstrahlung, die von der Erdoberfläche reflektiert wird und speichern sie als Zahlenwerte in einer Matrix ab. Wie stark ein Objekt die Strahlung reflektiert, hängt von ihrer Albedo ab: Dunkle Flächen

absorbieren mehr Strahlung als helle Flächen und reflektieren dementsprechend weniger. Die Zahlenwerte werden in einem Raster abgespeichert, das aus vielen quadratischen Zellen (Pixeln) besteht. Hohe Zahlenwerte entsprechen einer starken Reflexion (= helle Flächen) und niedrige Zahlenwerte einer schwachen Reflexion (= dunkle Flächen).



152	152	152	152	152	152	152	152	152
152	152	152	152	152	152	152	152	152
152	152	152	152	152	152	152	152	152
152	152	152	152	204	204	152	152	
152	152	204	204	122	122	122		
152	204	122	122	122	122	122		
	122	122	122		122	122	122	

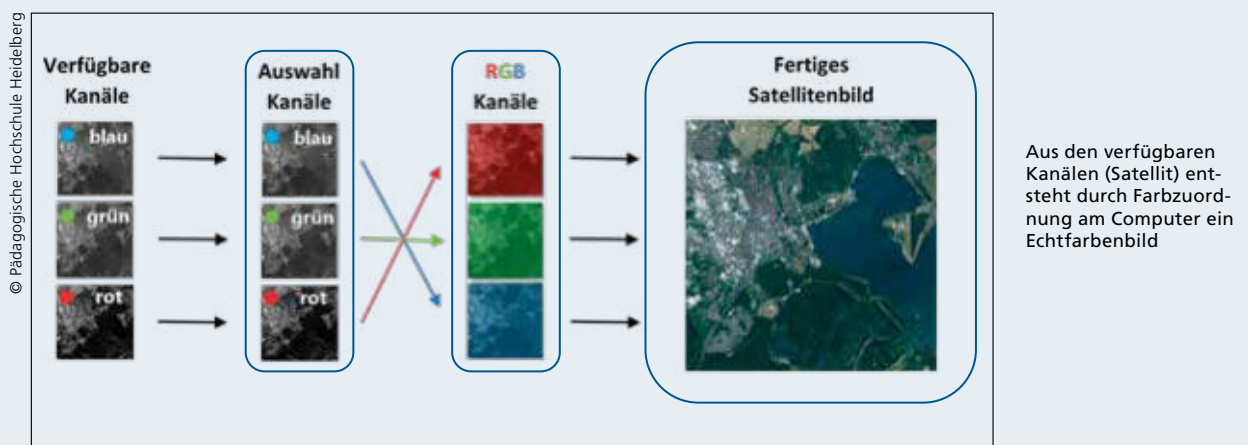
Datenverarbeitung in der Fernerkundung; links: Realität, Mitte: Raster, rechts: Matrix mit Zahlenwerten

Bei Satellitenbildern können verschiedene Auflösungen unterschieden werden:

Die Größe der Pixel ist innerhalb eines Rasterbilds homogen und entspricht einer bestimmten Fläche auf der Erde. Je kleiner die Pixel sind, desto besser ist die räumliche Auflösung des Satellitenbilds. Die räumliche Auflösung wird in Metern angegeben. Sentinel-2 hat beispielsweise eine räumliche Auflösung von 60 Metern.



Räumliche Auflösung von 30, 10 und 5 Metern



Die zeitliche Auflösung beschreibt, in welchen Abständen die Satellitenbilder wiederholt aufgenommen wurden. Diese unterscheidet sich je nach Satellit und dessen Umlaufbahn. Für Sentinel-2 beträgt sie fünf Tage.

Die spektrale Auflösung gibt an, über wie viele Spektralkanäle der Satellitensensor verfügt. Je mehr Kanäle ein Satellit besitzt, desto höher ist die spektrale Auflösung und desto mehr Farben können unterschieden werden.

Über die Kanäle des Satelliten wird die blaue, grüne und rote Strahlung gemessen und in einzelnen Bändern abgespeichert. Diese Bänder erscheinen in Graustufen, legt man sie in einem Bildverarbeitungsprogramm aber übereinander und ordnet ihnen jeweils einen Farbwert aus den Grundfarben Rot, Grün und Blau zu, wird aus dem schwarzweißen Satellitenbild ein Echtfarbenbild, also ein Bild, bei dem durch additive Farbmischung die Farbwahrnehmung des menschlichen Auges nachempfunden wird.

Ordnet man die Bänder in einer anderen Reihenfolge an, z. B. unter Nutzung des infraroten Kanals, entstehen Falschfarbenbilder. Diese werden verwendet, um

einen bestimmten Fokus auf Teilaspekte des Satellitenbilds, beispielsweise Vegetation, zu legen und diese besser erkennbar zu machen.

Das fertige Satellitenbild kann nun für unterschiedliche Zwecke verwendet und weiterverarbeitet werden. Beispielsweise können die Pixel eines Satellitenbilds verschiedenen Kategorien bzw. Klassen zugeordnet werden. Dieses Verfahren wird Klassifizierung genannt. Durch sie können die Flächengrößen und -verhältnisse der verschiedenen Klassen in einem Gebiet berechnet und sogenannte Landnutzungskarten erstellt werden. Eine Zustandsbeurteilung von Vegetation kann anhand des Vegetationsindex, des sogenannten NDVI (normalized difference vegetation index, dt.: normierter differenzierter Vegetationsindex) ermittelt werden. Der Computer errechnet anhand der reflektierten Infrarotstrahlung den Vegetationsindex. Gesunde Vegetation wird dann in einem leuchtenden Grün dargestellt, Bereiche ohne Vegetation in Rot.

Weitergehende und vertiefende Informationen zum Thema Fernerkundung finden Sie im Modul „Grundlagen der Fernerkundung“ online unter www.geospektiv.de (mit Gastzugriff möglich).

Lösungsvorschläge zum Schülerheft

Aufgabe 1:

Spitzbergen wird deswegen der subpolaren Zone zugeordnet, weil der Westspitzbergenstrom, ein Ausläufer des Golfstroms, warmes Wasser an die Westküste spült und das Klima daher milder ist als in anderen Polarregionen.



Subtropische Trockengebiete



Mittelbreiten



Subpolare Zone



Tropen

Aufgabe 2a:



M 5 Satellitenbild von Spitzbergen

Aufgabe 2b:

Die Temperatur in Longyearbyen ist fast ganzjährig unter null Grad Celsius: Von Januar bis März liegen sie bei etwa $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, steigen dann bis Juli kontinuierlich zu ihrem Jahreshöhepunkt von etwa $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ an, um dann genauso kontinuierlich wieder abzustiegen, bis sie im Dezember etwa $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ erreichen. Die Niederschlagswerte beschreiben im Jahresverlauf eine Amplitude zwischen 6 mm im Mai und 23 mm im März und August.

Die Temperatur in Hopen verläuft von etwa $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ von Januar bis März über wenige Grad über Null im Juli und August und fällt dann wieder ab auf etwa $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ im Dezember. Der Niederschlag steigt von Mai, wo er seinen niedrigsten Wert von 24 mm hat, kontinuierlich auf seinen Maximalwert vom 54 mm im Dezember an, um danach bis um Mai langsam wieder zu sinken.

Im Vergleich fällt auf, dass Hopen insgesamt kälter, aber niederschlagsreicher ist.

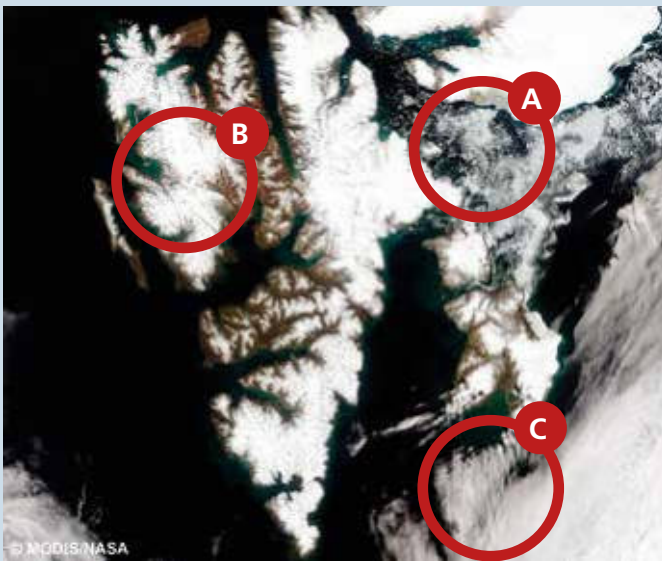
Longyearbyen	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Temperatur	-15,3	-16,2	15,7	12,2	-4,1	2,0	5,9	4,7	0,3	-5,5	-10,3	-13,4
Niederschlag	15	19	23	11	6	10	18	23	20	14	15	16
Hopen	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Temperatur	-14,2	-13,7	-13,7	-11,3	-4,7	-0,4	1,9	2,3	0,7	-3-3	-8,6	-12,2
Niederschlag	39	42	41	32	24	30	35	39	46	47	47	54



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

Aufgabe 3:

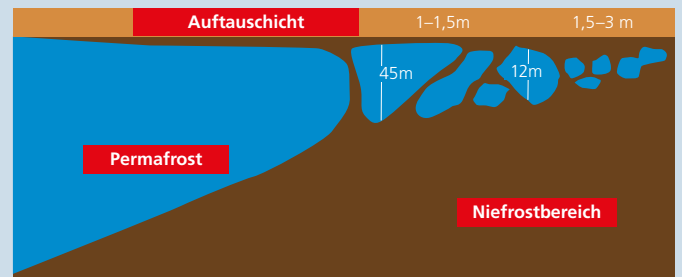
© MODIS/NASA



M 9 Satellitenbild von Spitzbergen

Bereich A: Meereis; **Bereich B:** Schnee;
Bereich C: Wolken

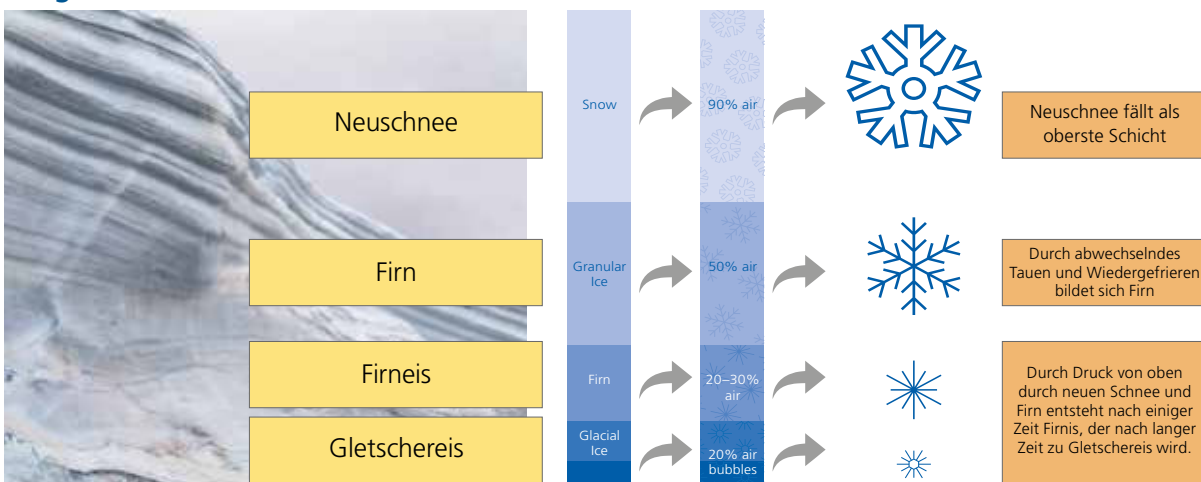
Aufgabe 4:



M 11 Aufteilung des Permafrostbodens

Aufgabe 5:

© Adobe Stock/KOLA STUDIO

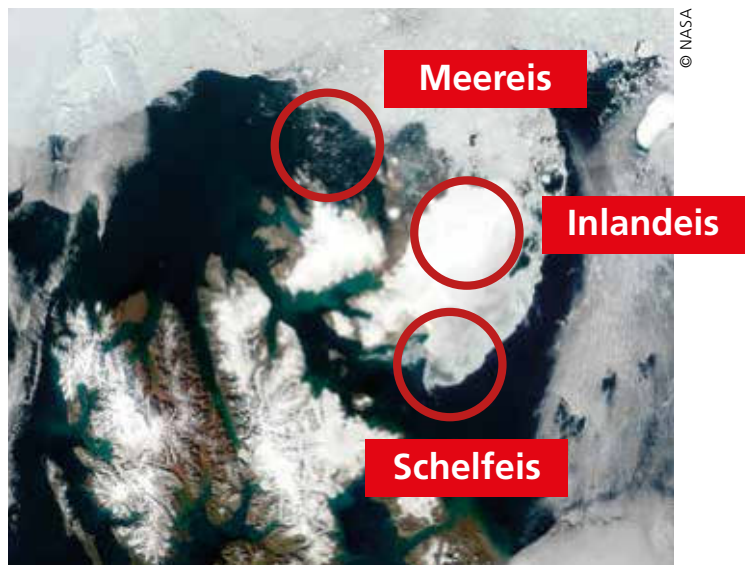


M 12 Entstehung von Gletschern

Lösungsvorschläge zum Schülerheft

Aufgabe 6:

- Den Schülerinnen und Schülern ist es hier selbst überlassen, wie sie die Legende gestalten. Wichtig ist, dass die verschiedenen Eisarten Inlandeis, Schelfeis und Meereis richtig identifiziert und unterschieden werden.
- Es ist deswegen nicht unterscheidbar, weil das Bild aus der Vogelperspektive aufgenommen wurde und daher 3D-Effekte nicht oder nur schwer sichtbar sind.
- Es könnte unterschieden werden, wenn die Sonne flach steht und Schatten wirft.



M 13 Satellitenbild Spitzbergen

Aufgabe 7a:



M 14 Polartag und Polarnacht

Polartag am Nordpol, Polarnacht am Südpol

Polarnacht am Nordpol, Polartag am Südpol



Longyearbyen Panorama, Svalbard, Spitzbergen

Aufgabe 7b:

Die Sonne wird dann Mitternachtssonne genannt, wenn an einem Pol der Polartag herrscht, also von etwa Mitte April bis Ende August am Nordpol und von etwa Ende Oktober bis Mitte Februar am Südpol. Sie wird so genannt, weil sie den ganzen Tag und die ganze Nacht nicht untergeht, da sie wegen der Erdachsenneigung so hoch am Horizont steht.

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

Wahr **Falsch, denn...**

Aufgabe 7c:

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

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

Wahr **Falsch, denn...**

Wahr **Falsch, denn im Winter ist die Erde**
 durch ihre Schrägachsenstellung weiter von der Sonne weg gekippt.

Aufgabe 8:

© Adobe Stock/Philipp Sürth



Dichter, niedriger Bewuchs schützt vor Austrocknung, Kälte und Wind.



Zwergsträucher wachsen in Polargebieten, recht kleiner Wuchs, kleine Blätter.

© Adobe Stock/underworld



Für Baumwachstum ist es zu kalt.



Für Gras ist es in Polargebieten zu kalt.

© Wikipedia/Ökologix

© Wikipedia/Dosyk11

Lösungsvorschläge zum Schülerheft

Aufgabe 9:

© Adobe Stock/Alexey Seafarer



Polarfuchs

- Kleiner Körperbau** > wenig Wärmeverlust
- Kurze Gliedmaßen** > wenig Wärmeverlust
- Helles Fell** > Tarnung
- Dichtes, langes Fell** > Luftbindung zur Isolierung

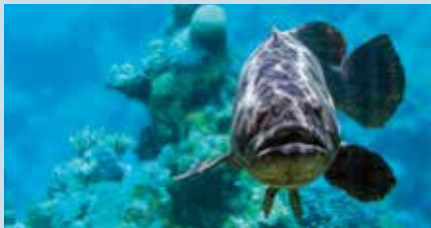
© Adobe Stock/Ellen Goff/Danita Delmont



Walrosse

Dicke Speckschicht > gute Wärmebildung

© Adobe Stock/Ian Scott



Dorsche

Glycoproteine sorgen dafür, dass das Blut nicht einfriert

Aufgabe 10a:

Vergleicht man beide Satellitenbilder miteinander, fällt auf, dass die Eismenge erheblich zurückgegangen ist, vor allem im Osten des Hornsund Fjords und am Storbreen-Engletscher.



M 20 Satellitenbildaufnahmen von Spitzbergen im August 1990 und 2017

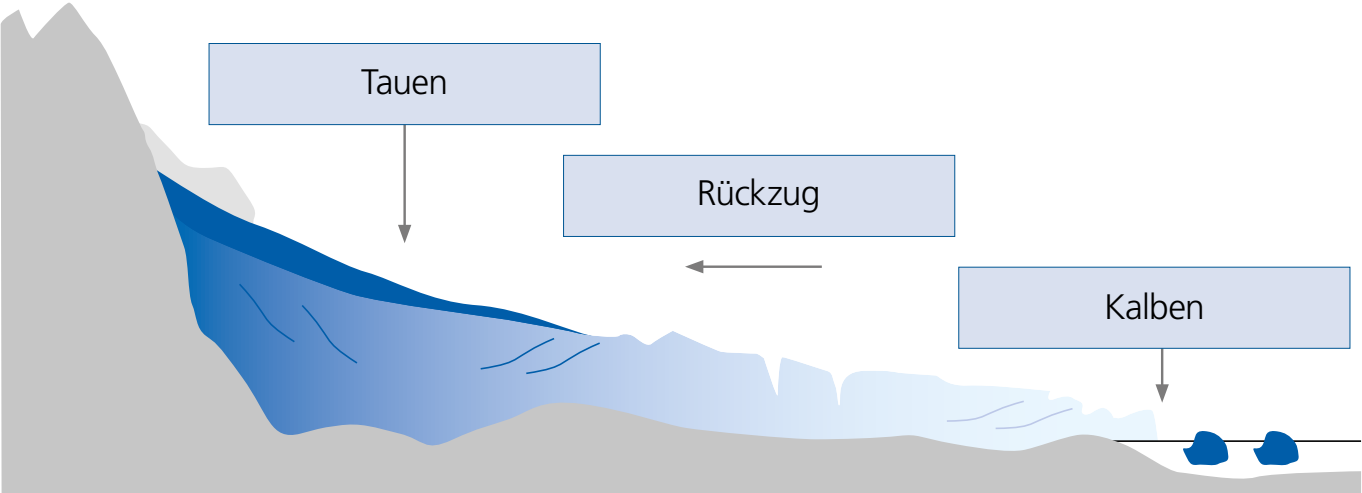
Aufgabe 10b:

Die Eisfläche ist um Kilometer geschmolzen.



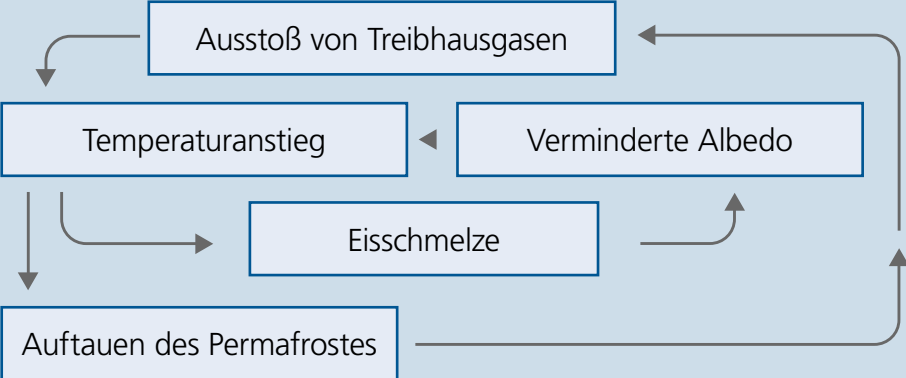
Schmelzendes Eis in der Arktis im Frühjahr.

Aufgabe 11:



M 21 Gletscherdiagramm

Aufgabe 12:



Lösungsvorschläge zum Schülerheft

Aufgabe 13a:

Durch den Klimawandel steigen die Temperaturen, dadurch gibt es weniger Frosttage und mehr Regen, wodurch sich die Vegetationsperiode verlängert. Vorher im Eis eingeschlossene Nährstoffe werden freigesetzt, wenn dieses schmilzt, was das Pflanzenwachstum weiter anregt.

Aufgabe 13b:

Positiv

- Mehr Pflanzenwachstum > Tiere finden potenziell mehr zu fressen
- Pflanzenarten, denen es sonst zu kalt ist, siedeln sich an > Tiere finden potenziell mehr zu fressen
- Durch mehr aktive Pflanzen kann mehr Kohlenstoffdioxid gebunden werden

Negativ

- Arten sterben, denen es zu warm wird
- Durch das Tauen des Permafrosts werden Kohlenstoffdioxid und Methan freigesetzt, was den Effekt der Aufnahme von Treibhausgasen durch aktive Pflanzen wieder ausgleicht
- Größere Pflanzen fangen den Schnee ein, was eine Isolationswirkung hat und für weiteres Permafrosttauen sorgt
- Regen statt Schnee sorgen im Winter für Eisschichten, durch die die Tiere nicht an Nahrung kommen

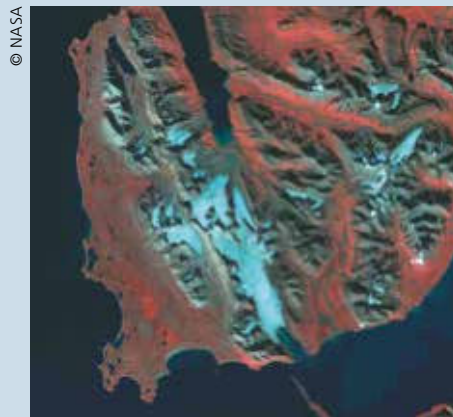


Natur und Industrie.

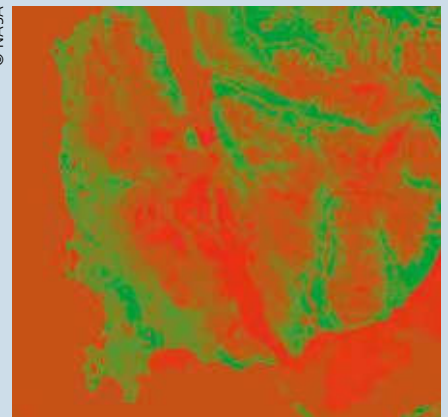
Aufgabe 14:



© NASA



© NASA



© NASA

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

Aufgabe 14a:

2. Bild: Hervorgehoben wird die Vegetation; 3. Bild: Hervorgehoben wird Schnee (hellrot) und Eis (dunkelrot).

Aufgabe 14b:

Besonders viel Vegetation wächst an den Schmelzwasserrinnen der Gletscher und in Küstennähe.

Aufgabe 14c:

Man erkennt zum Beispiel Gletscherzungen, Gebirge, Täler.



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

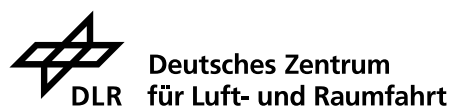
Kern GmbH
In der Kolling 120
66450 Bexbach

Bildnachweise

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



Dieses Druckerzeugnis ist mit dem Blauen Engel ausgezeichnet.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages