



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

© NASA

**Lehrerhandreichung** Mittelbreiten  
Finnland – Das grüne Gold des Waldes



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 Raumbespiels Finnland stehen dabei SDG 9: Industrie, Innovation und Infrastruktur, SDG 13: Maßnahmen zum Klimaschutz und SDG 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.

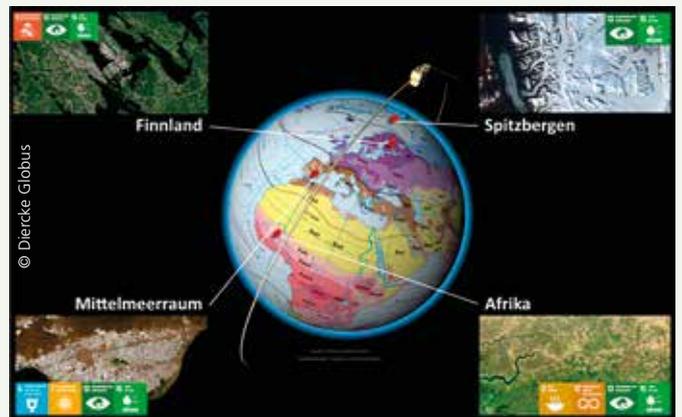


Finnische Seenlandschaft im Sommer

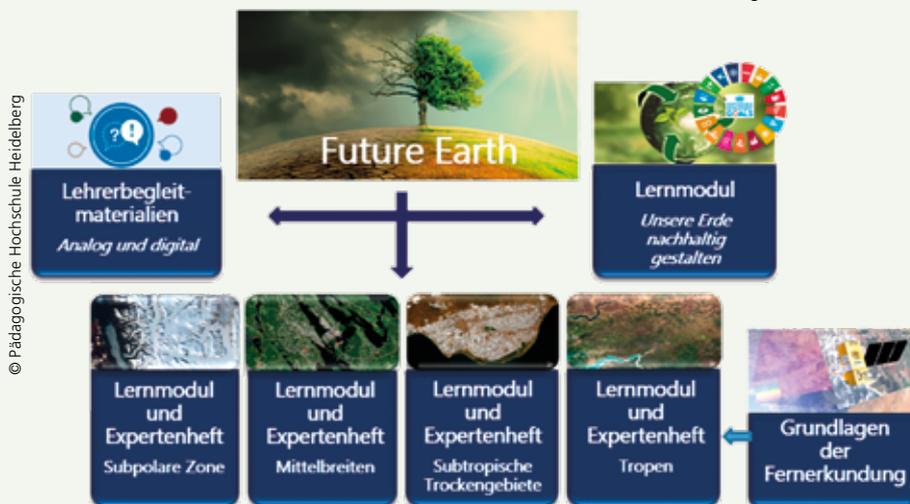


# Möglicher Ablaufplan

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

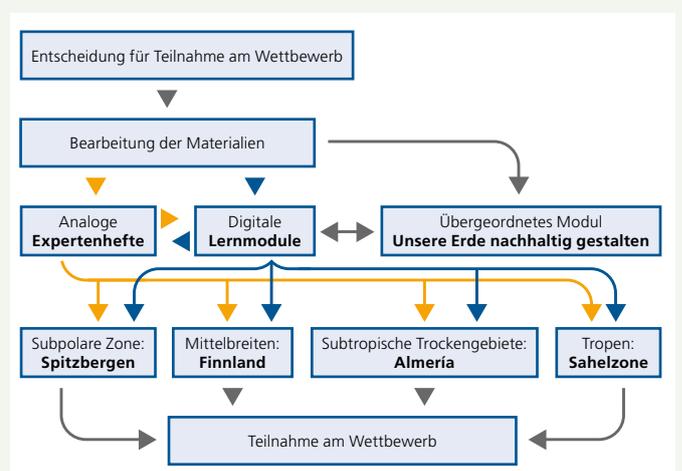


Thematisiert werden vier Klimazonen und in diesen vier Raumbeispiele, die sich auf der Flugbahn des Erdbeobachtungssatelliten Sentinel-2 befinden.

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 3.0“ darstellen, bei dem Gruppen von Schülerinnen und Schülern Projektideen zum Thema Klimaschutz und Nachhaltigkeit einreichen können. Denkbar ist beispielsweise ein Renaturierungsprojekt. Vielleicht gibt es sogar eine Fläche auf dem Schulhof oder einen Schulgarten, in dem man neue Bäume pflanzen könnte. Es kann ausgerechnet werden, wie viel CO<sub>2</sub> diese Bäume aufnehmen können und die nächsten Jahre aufnehmen wird. Als Hilfestellung kann auf Rechner verwiesen werden, die online zu finden sind wie <https://rechneronline.de/co2-ausstoss/baum.php> oder <https://www.jnf-kkl.de/co2-rechner-baeume-pflanzen/>. Es kann online eine Projektseite erstellt und ein Zähler dafür eingerichtet werden.

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.

Ein fächerübergreifendes Projekt könnte eine Zeitschrift zum Thema nachhaltige Holzwirtschaft vor der Haustür sein. Dieses kann am Ende auf nachhaltiges (selbstgeschöpftes?) Papier gedruckt werden. Auf einer Erklärseite innerhalb der Zeitschrift kann erläutert werden, was an dieser Zeitschrift nachhaltig ist. Sie kann außerdem Interviews von Schlüsselpersonen in der Waldwirtschaft und in der lokalen Politik enthalten, Wissenswertes über das Waldsterben usw.

Egal, wofür sich Ihre Schülerinnen und Schüler entscheiden, das Thema Fernerkundung sollte immer ein Bestandteil sein. Eine Linksammlung zu verwendbaren Satellitenszenen finden Sie auf der Internetseite [www.beschuetzer-der-erde.de/fernerkundung-aus-dem-all/zusatzmaterial/](http://www.beschuetzer-der-erde.de/fernerkundung-aus-dem-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](http://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 dieses Heftes wird die Klimazone der Mittelbreiten beschrieben, die anhand von Klimadiagrammen erarbeitet wird. Ebenfalls zum Einsatz kommt die Atlasarbeit, die mit der Arbeit an den Satellitenbildern verknüpft ist, um sich Orientierung zu verschaffen. Damit wird ihre Aufmerksamkeit geschärft und eine vertiefte Beschäftigung mit dem Thema Fernerkun-

dung ermöglicht. Für das Beispiel Finnland bietet die Arbeit mit Satellitenbildern den Vorteil, große Infrastruktur auf einen Blick zu erkennen, anhand von Falschfarbenbildern Laub- und Mischwälder voneinander zu unterscheiden und Gebiete anhand unterschiedlicher Kriterien miteinander vergleichen zu können.

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 Finnland auf Finja, eine Waldarbeiterin die den Schülerinnen und Schülern die nachhaltige Forstwirtschaft Finnlands näherbringt.

Zum Schluss des Heftes wird vom räumlich und thematisch mehr oder weniger weit entfernten Raumbeispiels 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 Finnland

Das Waldsterben als Symptom des Klimawandels und als Bedrohung für ein bedeutsames Ökosystem der Mittelbreiten ist erstmals in den 1980er Jahren in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückt und erhielt auch zuletzt seit Ende der 2010er Jahre vor dem Hintergrund der Klimakrise wieder vermehrt Einzug in die öffentliche Diskussion.

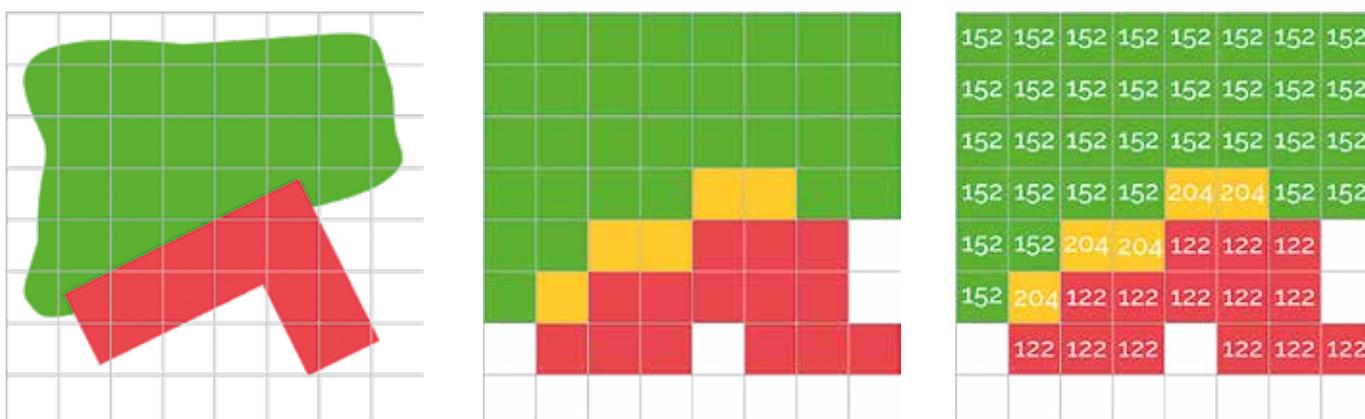
Holz als vergleichsweise nachhaltiger Rohstoff bietet eine klimaschonende Alternative zu fossilen Brennstoffen, da bei der Verbrennung nicht mehr CO<sub>2</sub> ausgestoßen wird, als der Baum im Laufe seines Lebens aufgenommen hat. Auch als Baustoff erfährt Holz als wiederverwendbare und nachwachsende Variante zu energieintensiven und oftmals für einmalige Verwendung produzierte Kunststoffe zunehmende Beliebtheit.

Finnlands Holzwirtschaft gilt deswegen als nachhaltig, weil weniger Bäume geschlagen werden als nachwachsen. Das ist nicht nur für eine dauerhafte wirtschaftliche Nutzung von Bedeutung, sondern auch für den Klimaschutz, denn junge Bäume haben verglichen mit ausgewachsenen eine niedrigere Fotosyntheserate und damit eine geringere CO<sub>2</sub>-Aufnahmekapazität. Genau diese Funktion als Kohlenstoffsенke macht die Wälder der Mittelbreiten und insbesondere Finnlands als das europäische Land mit der an Landesfläche gemessen größten Waldfläche so bedeutsam für den Klimaschutz. Weitreichende Waldschutzgesetze und große Nationalparkflächen setzen diese Ambitionen praktisch um.

# 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).



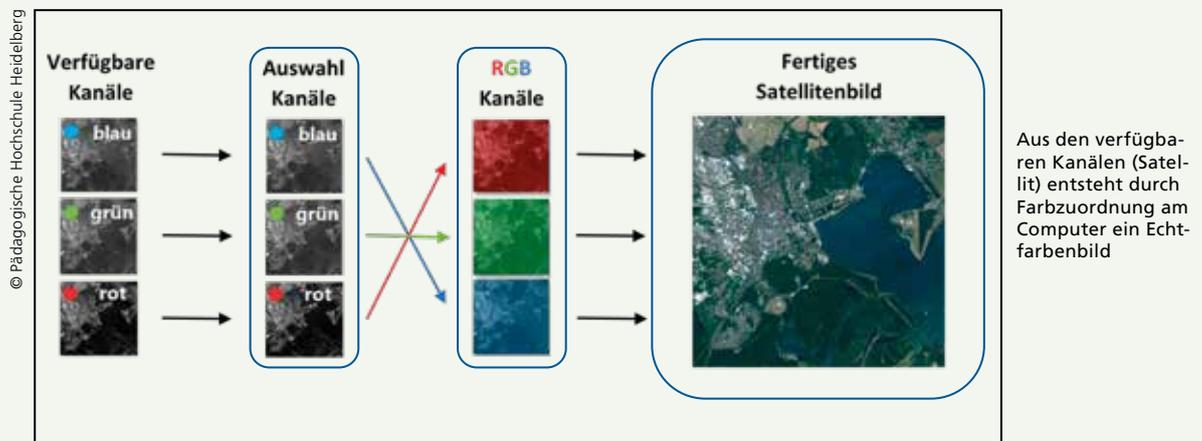
Datenverarbeitung in der Fernerkundung; links: Realität, Mitte: Raster, rechts: Matrix mit Zahlenwerten

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](http://www.geospektiv.de) (mit Gastzugriff möglich).

# Lösungsvorschläge zum Schülerheft

## Aufgabe:



Subtropische Trockengebiete



Mittelbreiten

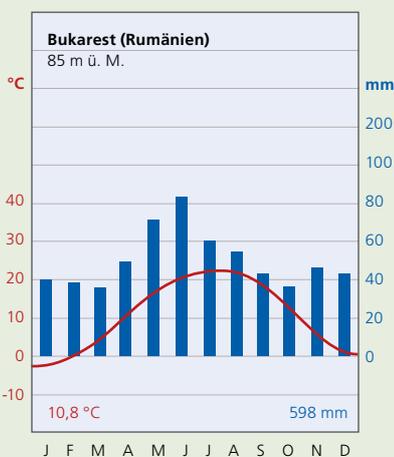


Subpolare Zone



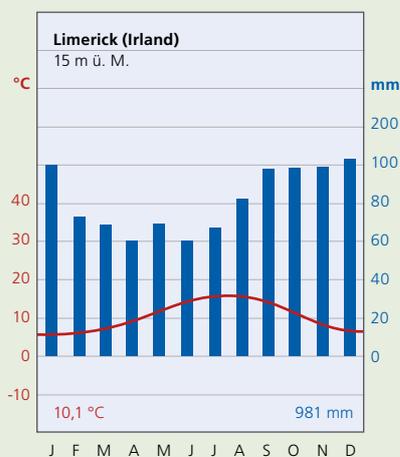
Tropen

## Aufgabe 1a:



Kontinentale Mittelbreiten

Der Temperaturverlauf beschreibt einen deutlichen Bogen von  $-1\text{ °C}$  im Januar bis  $21\text{ °C}$  im Juli und wieder  $0\text{ °C}$  im Dezember. Die Niederschlagsraten sind relativ gering und haben im Juni ihr Maximum.



Maritime Mittelbreiten

Die Temperaturspanne streckt sich von  $5\text{ °C}$  im Januar bis  $6\text{ °C}$  im Dezember, ohne auf über  $17\text{ °C}$  im Juni zu steigen. Es fällt im Jahresverlauf relativ viel Niederschlag mit einem Maximum von knapp über  $100\text{ mm}$  im Dezember.



Luftaufnahme des Pulkilanharju Ridge, Nationalpark Paijanne, südlicher Teil des Sees Paijanne.

© Adobe Stock/Della\_Liner

### Aufgabe 1b:

Da die maritimen Mittelbreiten von milden, feuchten Luftmassen geprägt werden, bilden sich hier Laub- und Mischwälder aus. Unter kontinentalen Bedingungen, bei denen die Temperaturunterschiede größer sind und wo es heißer und trockener ist, bilden sich vor allem Steppen aus.

© Adobe Stock/U. J. Alexander



Maritime Mittelbreiten



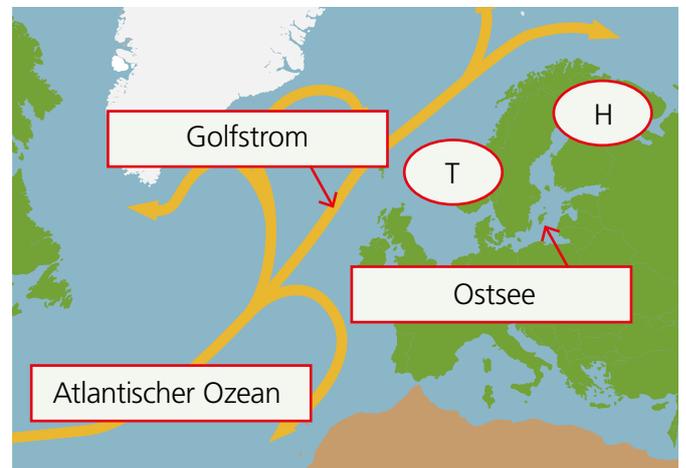
© Adobe Stock/mad\_max

Kontinentale Mittelbreiten

### Aufgabe 2:

Es wird von Jahreszeitenklima gesprochen, weil ein deutlicher Jahrestemperaturverlauf die Jahreszeiten Frühling, Sommer, Herbst und Winter voneinander abgrenzen.

### Aufgabe 3:



M 5 Klimatische Verhältnisse in Europa

### Aufgabe 4:

Es handelt sich um Nadelwald, weil Laubbäume im Herbst ihre Blätter verlieren und daher im Falschfarbenbild nicht rot angezeigt werden.

- Nadelwald
- Laubwald
- Mischwald

### Aufgabe 5:



© ESA/Sentinel-2

M 9 finnisches Waldgebiet mit gerodeten Flächen

# Lösungsvorschläge zum Schülerheft

Landschaft des Saimaa-Sees, Finnland

## Aufgabe 6a:

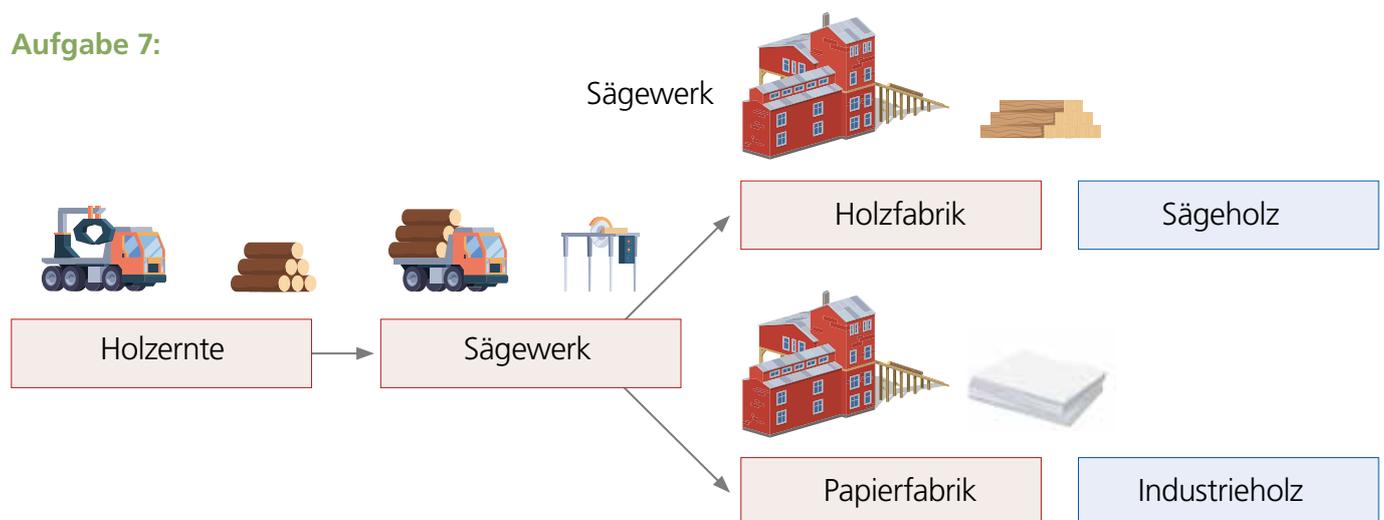
Früher brauchte man mehrere Werkzeuge wie Äxte, Beile und Hämmer, die alle per Hand eingesetzt wurden. Die Arbeitsschritte, die man nur einzeln nacheinander ausführen konnte, nahmen sehr viel Zeit und Energie in Anspruch.

Heutzutage sind die Holzerntemaschinen per Computer gesteuert, in denen eingespeichert ist, welche und wie viele Bäume geschlagen werden.

## Aufgabe 6b:

Die Maschinen sind groß und können nur auf bestimmten Wegen fahren. Für den Antrieb wird Treibstoff verbrannt, was umweltschädlich ist. Der Lärm der Maschinen verschreckt Tiere. Das Holz kann nur im Winter geerntet werden, weil die Maschinen sonst im matschigen Boden versinken und ihn schädigen.

## Aufgabe 7:



### Aufgabe 8a:

Den Schülerinnen und Schülern ist es hier selbst überlassen, wie sie die Legende gestalten. Wichtig ist, dass die unterschiedlichen Wege (Land- und Wasserwege) unterschieden werden.

### Aufgabe 8b:

Nicht gut zu unterscheiden sind Straßen und Schienen, weil sie auf dem Satellitenbild beide als dünne Linien erscheinen.

### Aufgabe 9:

Dieser Bereich steht für den Umweltschutz. Das bedeutet zum Beispiel, dass wir Luft und Wasser sauber halten.

**Bereich: Ökologie**

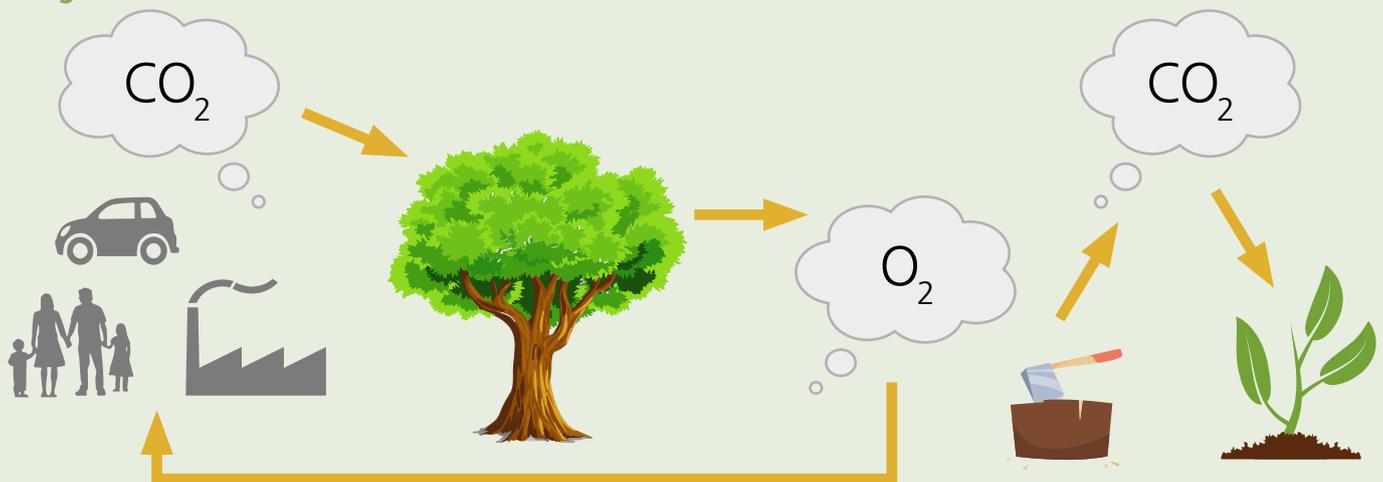
Dieser Bereich steht für den gerechten Umgang der Menschen untereinander.

**Bereich: Soziales**

Dieser Bereich steht für die Wirtschaft. Mit den Rohstoffen auf der Erde sollte sparsam umgegangen werden.

**Bereich: Ökonomie**

### Aufgabe 10:



### Aufgabe 11:

- 1 Lüneburger Heide
- 2 Müritz
- 3 Spreewald
- 4 Harz

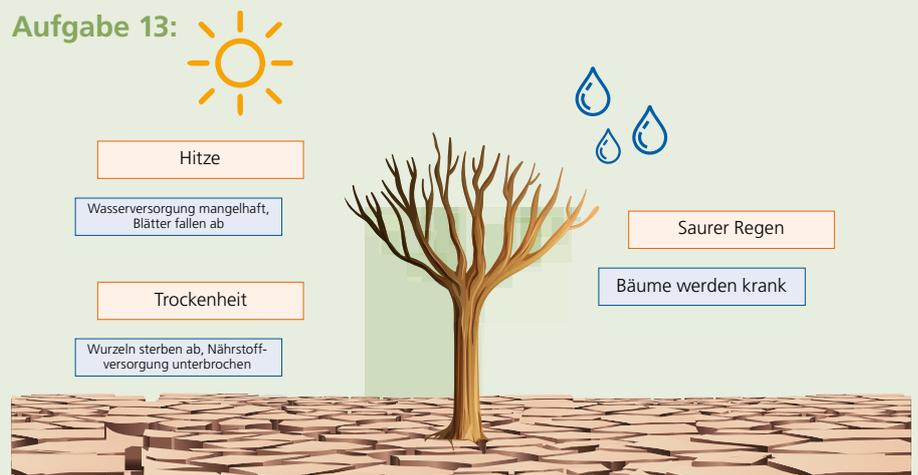
- 5 Sauerland
- 6 Erzgebirge
- 7 Hunsrück
- 8 Pfälzerwald

- 9 Odenwald
- 10 Schwarzwald
- 11 Schwäbische Alb
- 12 Bayerischer Wald

### Aufgabe 12:

Heute werden Bäume angepflanzt, die schnell wachsen, damit man sie schnell ernten und zu Holzprodukten weiterverarbeiten kann.

### Aufgabe 13:







## 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

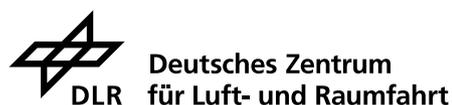
Kern GmbH  
In der Kolling 120  
66450 Bexbach

### Bildnachweise

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



Dieses Druckerzeugnis ist mit dem Blauen Engel ausgezeichnet.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages