



BESCHÜTZER DER
ERDE
SPACE FOR CHANGE

Lehrerhandreichung Tropen
Sahelzone – The Great Green Wall



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 Sahelzone (Mali) stehen dabei SDG 2: kein Hunger, SDG 12: nachhaltiger Konsum und Produktion, 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.

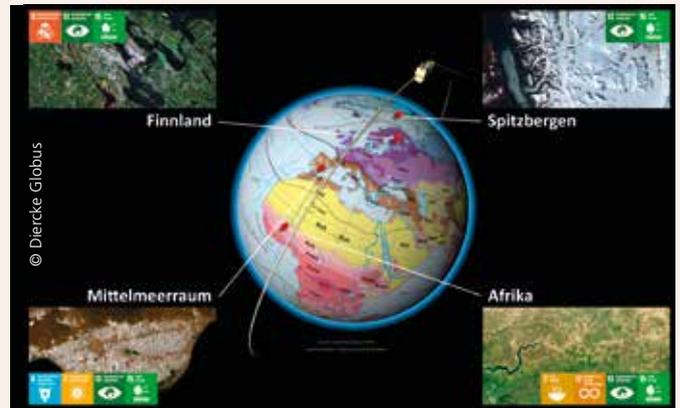


Die Sahelzone bildet den Übergang zwischen der Wüste Sahara und dem tropischen Regenwald

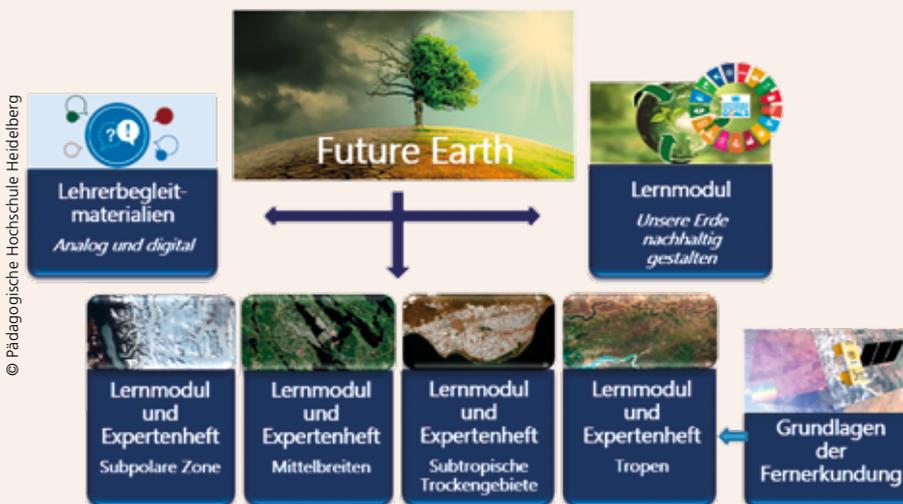


Möglicher Ablaufplan

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

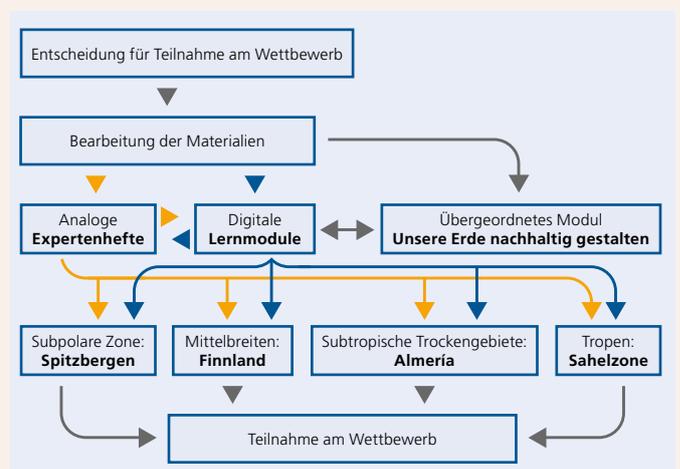


Thematisiert werden vier Klimazonen und in diesen vier Raumbeispiele, die sich auf der Flugbahn des Erdbeobachtungssatelliten Sentinel-2 befinden.

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. Für das Raumbeispiel Sahelzone ist ein Fair-Trade-Party denkbar, bei der Produkte aus dem fairen Handel vorgestellt werden können.

Zu jedem Produkt können Informationen gesammelt werden: zum Beispiel, woher sie kommen und wie sie angebaut werden. Diese können mit Satellitenbildern untermalen und verortet werden. Möglich ist auch ein Fair-Trade-Stand, an dem Produkte aus dem fairen Handel verkauft werden. Das Geld, das eingenommen wird, kann gesammelt und einen guten Zweck zugeführt werden. Für diesen Zweck kann auch eine eigene Homepage eingerichtet werden. Denkbar ist

auch ein Kinderbuch „Beschützer der Erde“, in dem dieses Thema den Jüngeren nahegebracht werden kann.

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/. 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 Raumbespiels zu widmen. Zunächst werden die inneren Tropen und das Tageszeitenklima thematisiert, um danach anhand von Klimadiagrammen die verschiedenen Savannentypen zu behandeln. Für das Beispiel der Sahelzone bietet die Arbeit mit Satellitenbildern den Vorteil, das Ausmaß des Great Green Wall-Projekts zu visualisieren und zu verdeutlichen, dass es sich nicht um ein einziges, gleichmäßiges Band handelt, sondern um viele einzelne Projekte, die als ein grünes Mosaik einen Kontrast zu den sich nördlich anschließenden Wüstengebieten

bilden. Mit Falschfarbenbildern kann die Schwierigkeit der Oberflächenunterscheidbarkeit 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 der Sahelzone auf Malou, einer Künstlerin, die aus den neu wachsenden Pflanzen Körbe und Matten flicht und diese auf dem lokalen Markt verkauft und sich so ein Einkommen für ihre Familie sichert und ihre Unabhängigkeit als Frau stärkt. Sie bringt den Schülerinnen und Schülern die Herausforderungen des Klimawandels für die Sahelzone und die Effekte des Great Green Wall-Projekts nahe.

Zum Schluss des Heftes wird vom räumlich und thematisch mehr oder weniger weit entfernten Raumbespiels 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 Sahelzone

Die Sahelzone ist die semiaride Übergangszone zwischen dem subtropischen Trockengebiet der Wüste Sahara im Norden und den tropischen Feuchtsavannen im Süden. Sie erstreckt sich über 5.900 Kilometer von West nach Ost über den gesamten afrikanischen Kontinent.

Das Gebiet ist geprägt von Hitze und Trockenheit, die sich durch die Lage an der Wendekreiswüste ergibt. Dort erzeugen absteigende Passatwinde Hochdruckgebiete, die einen beständig wolkenlosen Himmel und hohe Temperaturen von über 40 °C zur Folge haben. Die Niederschläge konzentrieren sich auf wenige, heftige Regengüsse. Während die Niederschlagsmenge nach Norden hin abnimmt, dauert die Regenzeit in den südlicheren Feuchtsavannen von Juni bis September. Die Vegetation ist geprägt von Trocken- und Dornstrauchsavannen.

Extensive Weidewirtschaft, anthropogene landwirtschaftliche Übernutzung der Böden und das Bohren von tiefen Brunnen beförderten und befördern eine Desertifikation des Gebiets, die vor allem in Form von Bodenerosion zutage tritt. Die freien Bodenflächen sind schutzlos der starken Sonneneinstrahlung und dem Wind ausgesetzt, der die Böden abträgt. Niederschlag kann durch die Verhärtung des Bodens nicht in diesen eindringen und spült ihn mitunter fort. In regelmäßigen Abständen wird dieses Gebiet Schauplatz extremer Dürreereignisse, während derer es bisweilen

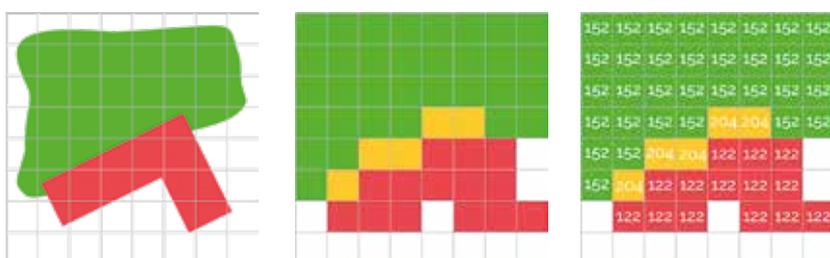
jahrelang nicht regnet. Aktuell wird die Situation durch den Klimawandel noch verschärft. Die Ernährungssicherheit und Lebensgrundlage vieler Menschen stehen auf dem Spiel.

Um dieser dramatischen Entwicklung Einhalt zu gebieten, hat die Afrikanische Union 2005 das Great Green Wall-Projekt initiiert. Ziel ist es, durch eine 15 Kilometer breite und 7.775 Kilometer lange Mauer aus Bäumen, die sich von Dakar im Westen bis Dschibuti im Osten erstreckt, die Desertifikation einzudämmen. Schnell zeigte sich jedoch, dass sich aufgrund der unregelmäßig voranschreitenden Desertifikation ein zusammenhängender Grünstreifen ineffizient gestalten würde und vielmehr ein dezentraler Ansatz in Form eines Mosaiks aus Interventionen Erfolg verspricht. Des Weiteren werden in diesem Zusammenhang schon bestehende Projekte unterstützt. In diesen werden beispielsweise in Burkina Faso auch traditionelle Methoden wie die „Zai-Technik“ eingesetzt, bei der Löcher gegraben werden, in die man Termiten setzt, damit sie den Boden auflockern und so Wasser einfacher eindringen kann. Insgesamt soll so die Resilienz der Bevölkerung und der natürlichen Systeme gestärkt, die Lebensbedingungen verbessert und eine Ernährungssicherheit gewährleistet werden. Korruption und Terrorismus lähmen jedoch vielerorts das Voranschreiten des Projekts, was die Aussetzung der Unterstützungszahlungen zur Folge hat. So werden Ungleichheiten weiter verstärkt.

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).



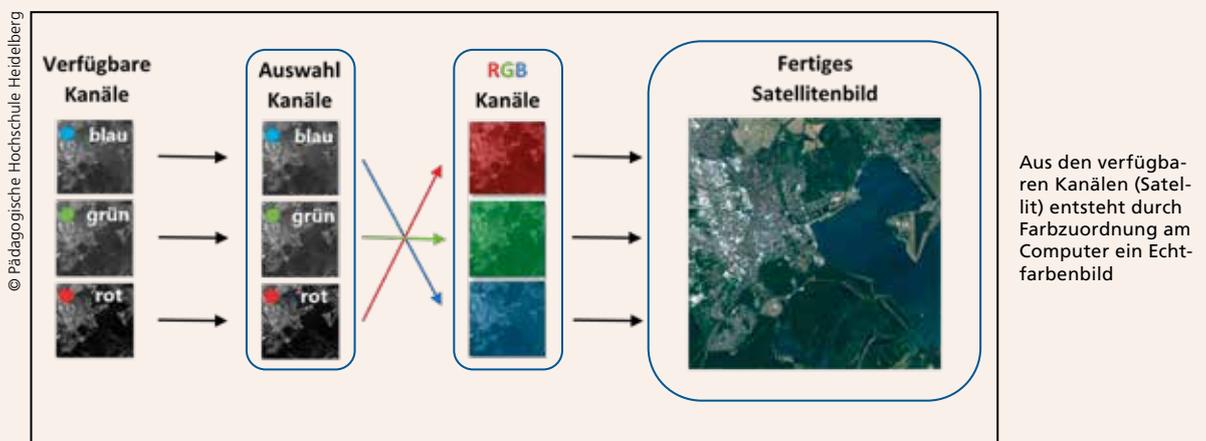
Datenverarbeitung in der Fernerkundung; links: Realität, Mitte: Raster, rechts: Matrix mit Zahlenwerten

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 (mit Gastzugriff möglich).

Lösungsvorschläge zum Schülerheft

Sanddünen



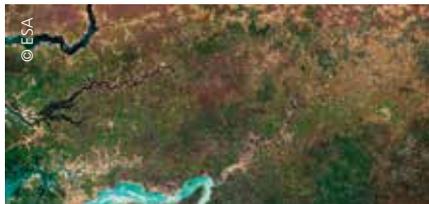
Subtropische Trockengebiete



Mittelbreiten



Subpolare Zone



Tropen

Aufgabe 1:

In den immerfeuchten Tropen sind die Temperaturunterschiede im Tagesverlauf größer als im Jahresverlauf, weswegen hier von Tageszeitenklima gesprochen wird. Wenn eindeutige temperaturbedingte Jahreszeiten zu unterscheiden sind, wie beispielsweise in den Mittelbreiten, spricht man von Jahreszeitenklima.

Aufgabe 2:

Am Äquator fällt mehr Regen als im Norden und Süden davon.

Wahr **Falsch, denn...**

In den Tropen werden genau wie in den Mittelbreiten thermische Jahreszeiten unterschieden.

Wahr **Falsch, denn...**

in den Tropen werden hygrische Jahreszeiten unterschieden.

Monate, in denen mehr regnet, als verdunstet, bezeichnet man als arid.

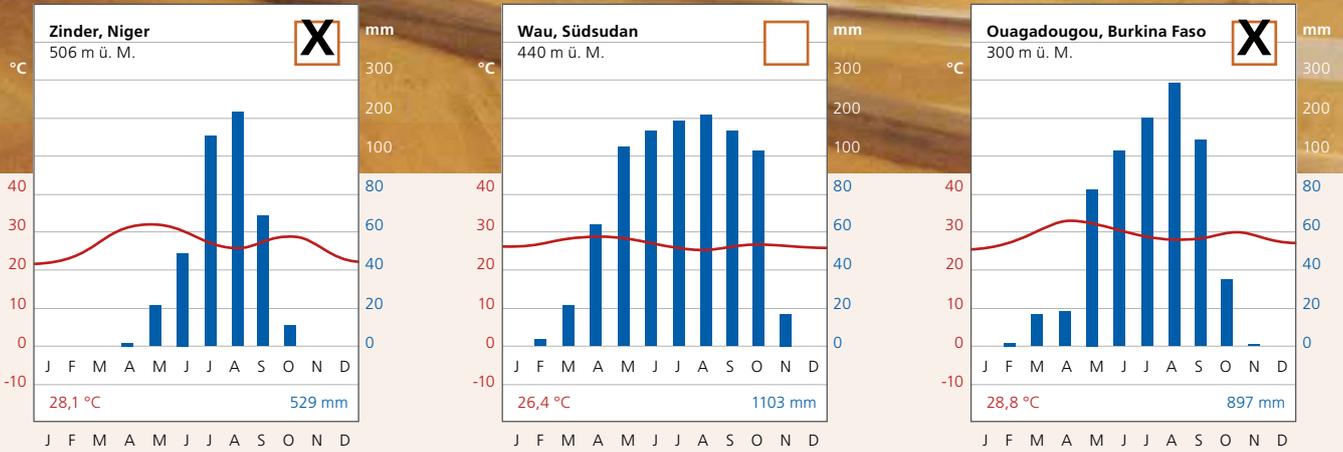
Wahr **Falsch, denn...**

solche Monate bezeichnet man als humid.

Aufgabe 3:

- Je weiter Richtung Norden oder Süden, desto mehr aride Monate.
- Tropische Gebiete, in denen es mehr aride Monate gibt als humide, bezeichnet man als wechselfeucht.
- In den wechselfeuchten Tropen gibt es mehr humide Monate als aride.
- Jahreszeiten, die durch den Niederschlag bestimmt sind, werden hygrische Jahreszeiten genannt. Sie stehen im Gegensatz zu Jahreszeiten, die durch die Temperatur bestimmt sind, diese nennt man thermische Jahreszeiten.

Aufgabe 4 a und b:



M 11 Klimadiagramme verschiedener Savannentypen

Dornstrauchsavanne

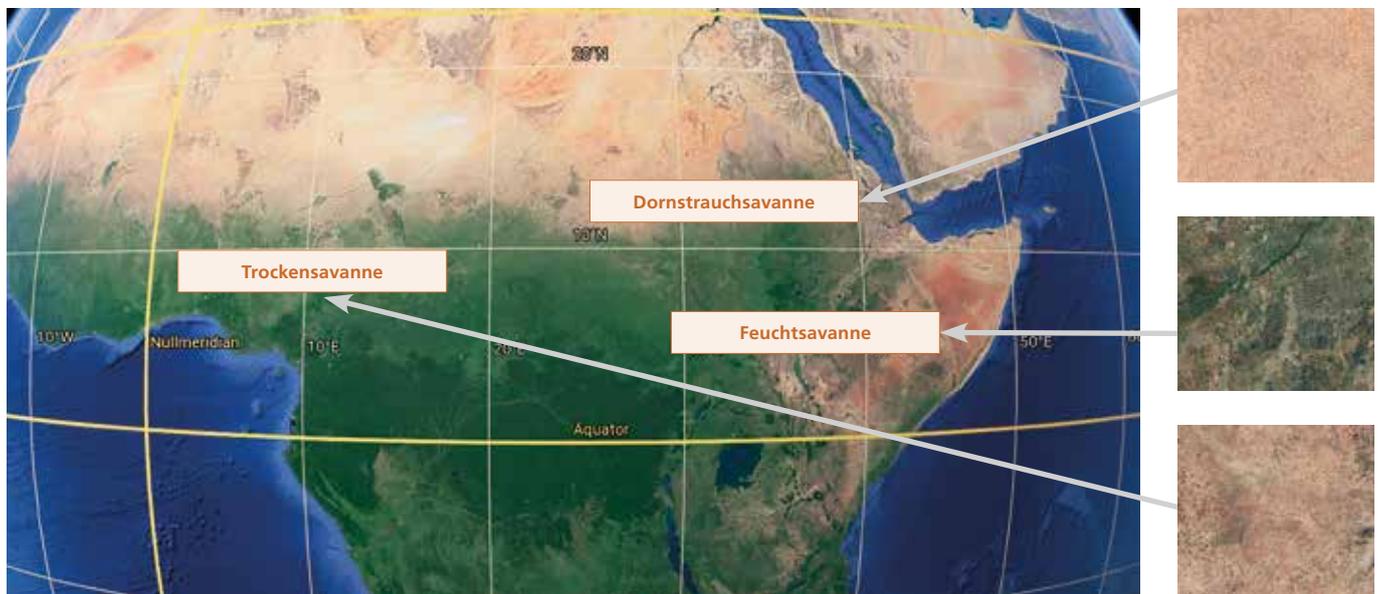
Feuchtsavanne

Trockensavanne

Die Savannentypen können den Klimadiagrammen durch den Niederschlag und die Temperatur zugeordnet werden: In den Dornstrauchsavannen regnet es insgesamt am wenigsten, die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge beträgt im Beispiel Zinder 529 Millimeter. Hier sind auch die Temperaturunterschiede im Jahresverlauf am höchsten. In Feuchtsavannen fällt viel Niederschlag, hier ist die lange Regenzeit eindeutig von einer kürzeren Trockenzeit zu

unterscheiden. Die Temperatur ändert sich im Jahresverlauf kaum. Die Trockensavanne siedelt sich zwischen diesen beiden Savannentypen an: Auch hier lässt sich eindeutig die Regenzeit von der Trockenzeit unterscheiden, die in den Trockensavannen aber länger ausfällt als in den Feuchtsavannen. Die Temperatur schwankt im Jahresverlauf leicht, die Kurve ist allerdings flacher als die für die Dornstrauchsavanne.

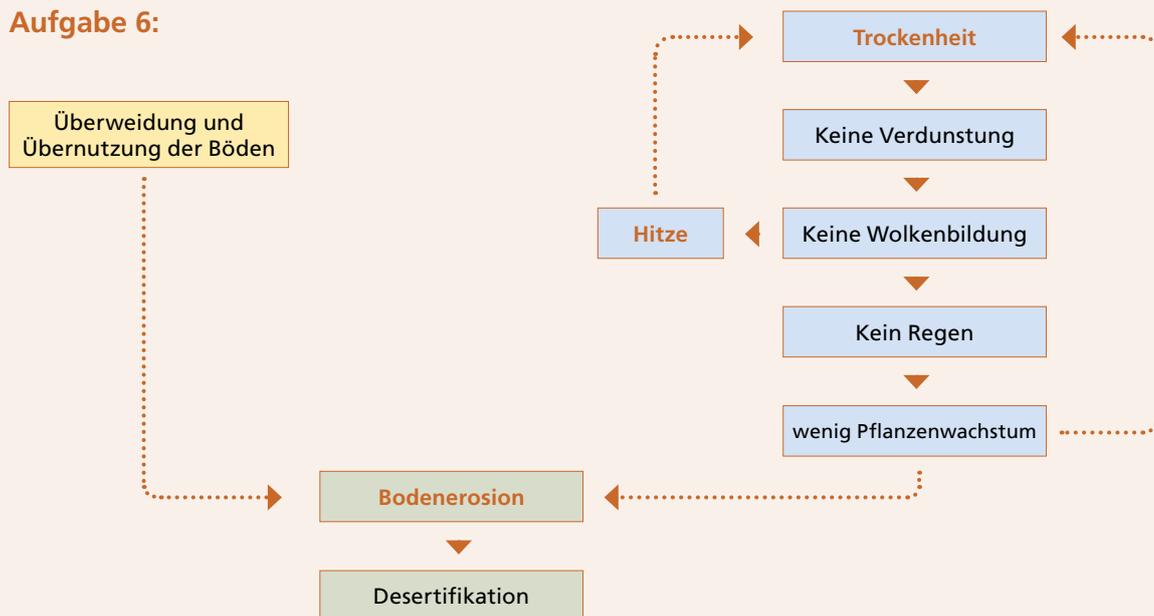
Aufgabe 5:



© (alle vier Aufnahmen) Google Earth mit Satellitendaten von ESA, Landsat/Copernicus

Lösungsvorschläge zum Schülerheft

Aufgabe 6:



Aufgabe 7:



Aufgabe 8:

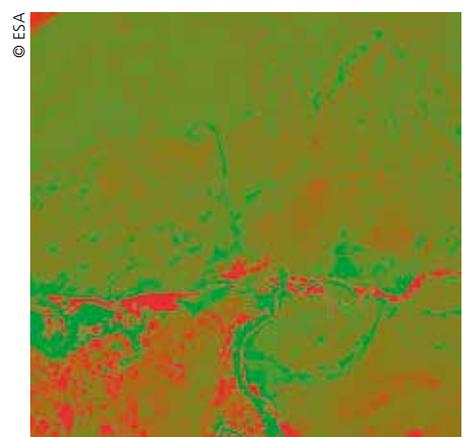
Die Mauer wird etwa **6.530** Kilometer lang.

Bei dieser Aufgabe kann nur ein ungefährender Wert ermittelt werden, weil nicht klar ist, wo genau die Mauer entlanglaufen wird. Im Vordergrund bei dieser Aufgabe steht die Arbeit mit einer Atlas-karte und dem Maßstab.



Landschaftsansicht der Trockensavanne

Zwischenaufgabe Farbzuoordnung auf Satellitenbildern



braun

grün

rot

braun

grün

rot

hell-grün

dunkel-grün

rot

Aufgabe 9:

Ökologie

- Bäume halten mit Wurzeln Boden fest > weniger Erosion
- Verbesserung der Bodenqualität: Anpflanzen von Feldfrüchten möglich
- Tiere finden Futter
- Wasserspeicherung: Bäume können besser gegen Dürren standhalten
- Verbesserung des Mikroklimas
- Fotosynthese: Aufnahme von Kohlenstoffdioxid und Abgabe von Sauerstoff

Ökonomie

- Schaffung von Arbeitsplätzen
- Verwendung des Holzes zum Heizen und Kochen
- Tierische Produkte und Feldfrüchte können auf dem Markt verkauft werden

Soziales

- Gemeinschaftsgefühl in Dörfern wird gestärkt
- Viehherden müssen nicht mehr so weit getrieben werden
- Kinder können Schule besuchen

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

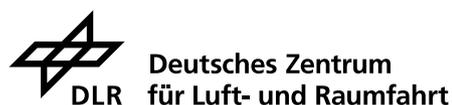
Kern GmbH
In der Kolling 120
66450 Bexbach

Bildnachweise

Bilder DLR (CC-BY 3.0), soweit nicht anders angegeben.
Titelbild: ESA/Copernicus Sentinel



Dieses Druckerzeugnis ist mit dem Blauen Engel ausgezeichnet.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages