



BESCHÜTZER DER
ERDE
SPACE FOR CHANGE

© ESA/Sentinel-2

Lehrerhandreichung Subtropische Trockengebiete
Almería – Ein Meer aus Plastik



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 Almería stehen dabei SDG 6: Sauberes Wasser und sanitäre Einrichtungen, SDG 7: Bezahlbare und saubere Energie, 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.

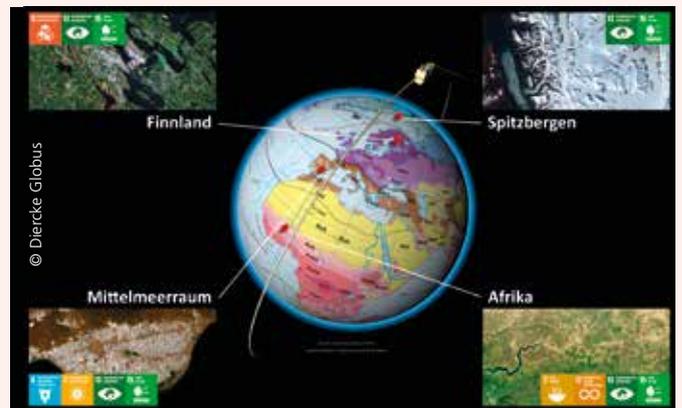


M 2 Almería ist eine Stadt am Mittelmeer

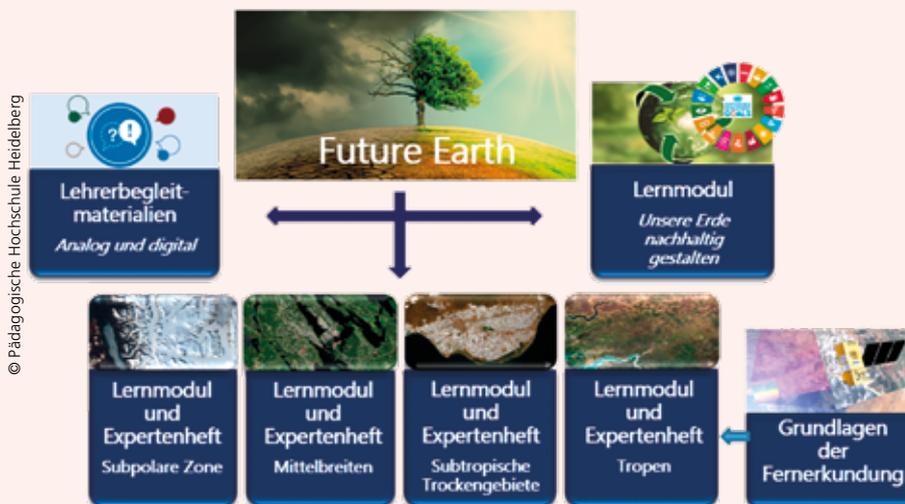


Möglicher Ablaufplan

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

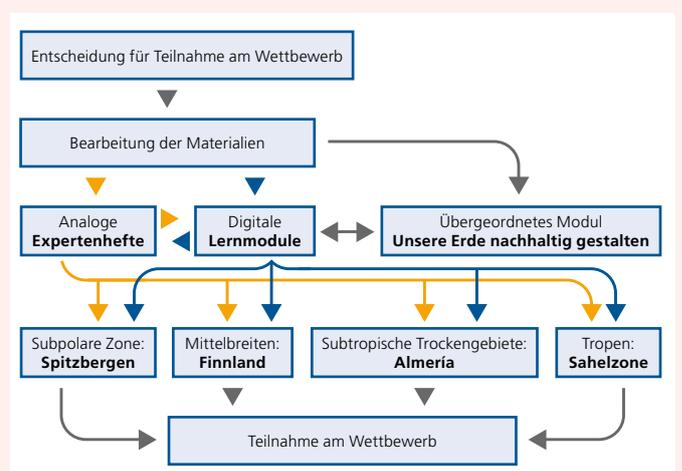


Thematisiert werden vier Klimazonen und in diesen vier Raumbeispiele, die sich auf der Flugbahn des Erdbeobachtungssatelliten Sentinel-2 befinden.

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. Für das Raumbeispiel Almería bietet sich die Erstellung eines Kochbuchs an, in dem regionale und saisonale Rezepte zu finden sind. Die Schülerinnen und Schüler können sich besonders klimafreundliche Speisen ausdenken und recherchieren, woher die einzelnen Zutaten üblicherweise kommen und dies dann anhand von Satellitenbildern verdeutlichen. Am Ende kann jeweils ausgerechnet werden, welchen Weg die Zutaten der einzelnen Rezepte zurückgelegt haben und gegebenenfalls, wie viel CO₂ dabei ausgestoßen wurde. Dies kann auf der Internetseite https://www.klimatarier.com/de/CO2_Rechner ermittelt werden.

Denkbar ist auch ein Kinderbuch „Beschützer der Erde“, in dem dieses Thema den Jüngeren nahe-

gebracht werden kann. Auch ein Poster stellt eine gute Möglichkeit dar, auf dem vergleichend dargestellt werden kann, wie viel CO₂ beispielsweise mit spanischen Erdbeeren im Winter verglichen mit deutschen Erdbeeren im Sommer ausgestoßen wird.

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 des Wettbewerbs unter 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 fachwissenschaftlichen 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 Klimazone der subtropischen Trockengebiete beschrieben und anhand von Klimadiagrammen erarbeitet. Für das Beispiel Almería bietet die Arbeit mit Satellitenbildern den Vorteil, sich das Ausmaß der landwirtschaftlichen Nutzung Südspaniens vor Augen zu führen, die mit den hellen Treibhäusern, dem „Plastikmeer“ Almerías einen Kontrast zur ansonsten kargen, wüstenähnlichen Landschaft 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 Almería auf Carmen, eine Gärtnerin, die ihr Gemüse nach ökologischen Richtlinien anbaut. Sie bringt den Schülerinnen und Schülern die Herausforderungen des Klimawandels für die Landwirtschaft und die Vorzüge der ökologischen Anbauweise nahe.

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 Almería

Die Provinz Almería in Süds Spanien ist geprägt von Konflikten um die Ressource Wasser. Sowohl Landwirtschaft als auch Tourismus als die zwei wichtigsten Wirtschaftszweige Spaniens sind vom Wasser abhängig. In Folientreibhäusern, dem „Plastikmeer Almería“, wird eine intensive, agrarindustrielle Landwirtschaft betrieben, um Europa und insbesondere Deutschland als führenden Importeur das ganze Jahr über mit Obst und Gemüse zu versorgen. Die semiariden klimatischen Bedingungen in Andalusien als trockenster Region Europas mit durchschnittlichen Jahresniederschlägen von nur 150 – 600 mm erfordern ein durchdachtes Bewässerungssystem. Die gängige Tröpfchenbewässerung sorgt zwar für eine effiziente Versorgung, dennoch sorgt eine wachsende Nachfrage für stetige Intensivierung und Ausweitung der Bewässerungslandwirtschaft.

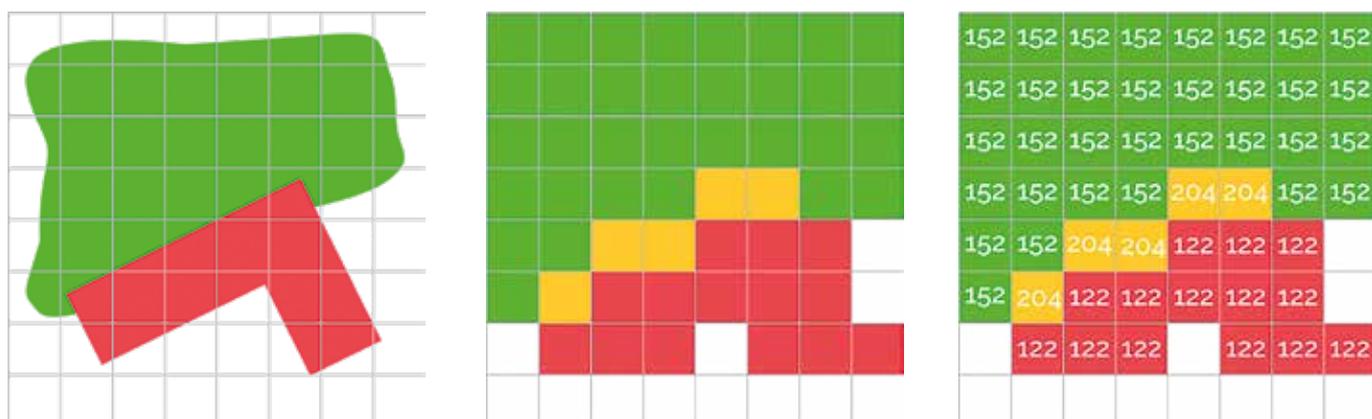
Auch der Tourismus verzeichnet steigende Wachstumsraten. Vor allem im Sommer steht hier das knappe Wasserangebot dem maximalen Wasserbedarf gegenüber.

Durchschnittlich werden 80 % des regionalen Grundwassers für die Landwirtschaft aufgewendet. Pumpt man jedoch zu viel davon ab, fließt salzhaltiges Meerwasser nach. Nirgendwo in Europa wird so viel Wasser entsalzt wie in Spanien. Große Anlagen zur Meerwasserentsalzung prägen die Küstenregionen Süds spaniens. Es gibt zahlreiche Projekte, diese mit nachhaltiger Energie aus Solaranlagen zu versorgen, doch viele von ihnen werden nach wie vor mit fossilen Brennstoffen betrieben. Eine Praxis, die auch den Klimawandel und damit eine weitere Erwärmung verschärft.

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).



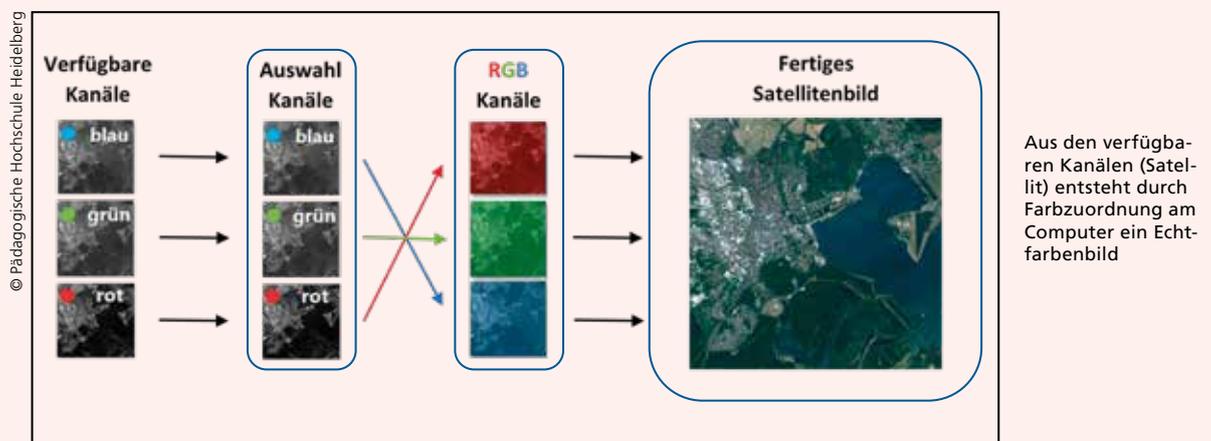
Datenverarbeitung in der Fernerkundung; links: Realität, Mitte: Raster, rechts: Matrix mit Zahlenwerten

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



Subtropische Trockengebiete



Mittelbreiten



Subpolare Zone



Tropen

Aufgabe 1:

Die Temperatur in Almería liegt immer über 10 °C. Sie steigt von etwa 12 °C im Januar bis auf die höchste Durchschnittstemperatur von etwa 27 °C im Juli und sinkt dann wieder auf etwa 13 °C im Dezember. Im Jahresverlauf fallen wenig Niederschläge von maximal 30 mm im Dezember; im Juli und August regnet es nicht. Es ist zwar das ganze Jahr über warm, wodurch Pflanzen gut gedeihen, aber insgesamt zu trocken.

Aufgabe 2a:

Bei der Benennung der Ausschnitte aus dem Satellitenbild können die Schülerinnen und Schüler kreativ sein, die folgenden Benennungen sind Vorschläge.

- A** Stadt (El Ejido)
- B** Gebirge
- C** Treibhäuser
- D** Küste



M 9 Satellitenbild der Provinz Almería



Panoramablick auf das Mittelmeer und die Strände von Cabo de Gata in Almería von der Küstenstadt La Isleta del Moro, Spanien

Aufgabe 2b:

Almería ist vor allem von grünem Wald und Wiesen bedeckt.

Wahr

Falsch

Die hellen Flächen sind Treibhäuser.

Wahr

Falsch

Zwischen den Treibhäusern liegen kleine Dörfer und Städte.

Wahr

Falsch

Aus dem Gebirge fließt ein Fluss durch die Treibhäuser Richtung Meer.

Wahr

Falsch

Aufgabe 3:

So viel wie eine große Flasche Wasser (1,5 Liter)

So viel wie eine große Gießkanne (13 Liter)

So viel wie eine Badewanne (180 Liter)

Aufgabe 4:

Bei der Tröpfchenbewässerung wird jede Pflanze über Düsen einzeln mit Wasser versorgt, Sensoren messen dabei ihren jeweiligen Bedarf. Dabei verdunstet und versickert deutlich weniger als bei der Furchenbewässerung, weil gezielter und individueller gegossen wird.

Experiment

- Nach einigen Stunden bilden sich Wassertröpfchen am Glas (Kondenswasser).
- In der Schüssel mit dem Glas, das täglich gewässert und normaler Zimmertemperatur ausgesetzt war, sind aus den Samen kleine Pflänzchen gewachsen. In der Schüssel ohne Glas, die nur alle zwei Tage gegossen und kühleren Temperaturen ausgesetzt war, sind die Pflänzchen noch nicht zu sehen oder sehr klein.
- Pflanzen brauchen warme Temperaturen und ausreichend Wasser, um zu wachsen. Das Glas über dem Saatgut hilft, die Temperatur und die Feuchtigkeit zu halten, so wie es Treibhäuser tun.

Lösungsvorschläge zum Schülerheft

Luftpanorama-Gewächshäuser in Almerimar, Spanien, bei Sonnenuntergang

Aufgabe 5:

Sowohl Nützlinge als auch Schädlinge sind Insekten.

Wahr **Falsch, denn...**

Schädlinge fressen die Nützlinge, die auf den Pflanzen leben.

Wahr **Falsch, denn...**

Schädlinge fressen die Pflanzen.

Pflanzenschutzmittel werden gespritzt, damit die Pflanze schnell wächst.

Wahr **Falsch, denn...**

sie werden gegen Schädlinge gespritzt.

Aufgabe 6:

Konventioneller Anbau

- Günstiger durch Massenverkauf
- Kann geschmacksärmer sein
- Gemüse wächst gerade und makellos
- Einsatz von chemischem Dünger und Pflanzenschutzmitteln
- Vergiftet dadurch die Umwelt

Biologischer Anbau

- Teurer durch geringere Verkaufsmengen
- Geschmacksintensiv
- Gemüse wächst natürlich mit Makeln
- Einsatz von natürlichem Dünger und Nützlingen, dadurch Gemüse gesünder

Aufgabe 7:



M 13 Albedo unterschiedlicher Oberflächen

Aufgabe 8:

Vor allem im Zentrum des Satellitenbildes ist eine Ausweitung der Treibhäuser zu sehen. Im Westen, Osten und zentral werden vereinzelt Treibhäuser bis in die Berge gebaut. Die Stadt El Ejido hat sich vergrößert.

Hinweis: Die Treibhäuser haben in der Aufnahme von 1987 eine andere Farbe als in der Aufnahme

von 2016. Das liegt zum einen an der besseren Aufnahmequalität, zum anderen können auch atmosphärische Störungen für eine unauthentische Farbgebung sorgen. Vermutlich sind damals auch andere Folien als heute verwendet worden.

Aufgabe 9a) und b):



M 16 Satellitenbild von Almería 2020

Aufgabe 10:

Rasenflächen:	grün <input type="checkbox"/>	blau <input type="checkbox"/>	rot <input checked="" type="checkbox"/>
Wasserflächen:	grün <input type="checkbox"/>	dunkelblau <input checked="" type="checkbox"/>	rot <input type="checkbox"/>
Städte:	weiß <input type="checkbox"/>	braun <input checked="" type="checkbox"/>	rot <input type="checkbox"/>
Treibhäuser:	weiß/rosa <input checked="" type="checkbox"/>	braun <input type="checkbox"/>	rot <input type="checkbox"/>

Aufgabe 11 a) und b):

Individuelle Positionierung der Schülerinnen und Schüler. Deutlich werden soll der Konflikt um die Ressource Wasser, die in den beiden wichtigsten Wirtschaftssektoren Landwirtschaft und Tourismus eine entscheidende Rolle spielt und sich im Spannungsfeld von Einkünften auf der einen und Wasserknappheit auf der anderen Seite befindet.

Hinweis: Sollte die Wertequadrat-Methode im Unterricht bisher nicht behandelt worden sein, sollte kurz erklärt werden, wie diese funktioniert:

Bei der Methode Wertequadrat geht es darum, verschiedene Aussagen oder Meinungen auf ihre Ausrichtung und ihre Aussagekraft hin zu untersuchen und entsprechend in einem Koordinatensystem zu verorten. Hierzu sollen die Schülerinnen und Schüler verschiedene (nummerierte) Meinungen zum gewählten Thema im Wertequadrat eintragen. So wird beispielsweise ein Umweltschützer der Ökologie höhere Priorität zuordnen als der Wirtschaft. Ein Plantagenbesitzer hingegen stellt den wirtschaftlichen Aspekt in den Vordergrund. (Vgl. Vankan, L. / Rohwer, G. / Schuler, S. (2007). Diercke Methoden – Denken Lernen mit Geographie)

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

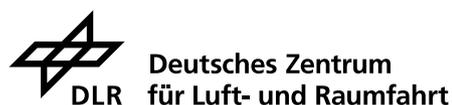
Kern GmbH
In der Kolling 120
66450 Bexbach

Bildnachweise

Bilder DLR (CC-BY 3.0), soweit nicht anders angegeben.
Titelbild: ESA/Sentinel-2



Dieses Druckerzeugnis ist mit dem Blauen Engel ausgezeichnet.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages