

Sekundarstufe  
**14-16**



**Bildungsressourcenpaket**

**DEM PLANETEN AUF  
DEN PULS FÜHLEN**

Lehrerhandbuch und Arbeitsblätter  
für Schüler\*innen



DEM PLANETEN AUF DEN PULS FÜHLEN: Überblick	Seite 4
Zusammenfassung der Aktivitäten	Seite 6
Klimabeobachtung aus dem Weltraum	Seite 8
Überwachung der Erde aus dem Weltraum: Hintergrundinformationen	Seite 9
Aktivität 1: DEM PLANETEN AUF DEN PULS FÜHLEN	Seite 11
Aktion 2: WAS KÖNNEN WIR AUS DEM WELTRAUM SEHEN?	Seite 14
Aktion 3: EL NIÑO UND LA NIÑA	Seite 18
Schüler*innen [SuS]-Arbeitsblatt 1	Seite 21
SuS-Arbeitsblatt 2	Seite 23
SuS-Arbeitsblatt 3	Seite 26
DEM PLANETEN AUF DEN PULS FÜHLEN: Informationsblatt 1	Seite 28
Links	Seite 31

Klimawandel-Initiative Bildungsressourcenpaket -  
DEM PLANETEN AUF DEN PULS FÜHLEN (Sekundarstufe II)  
<https://climate.esa.int/de/educate/>

Aufgabenkonzepte entwickelt von der University of Twente (NL) und dem  
National Centre for Earth Observation (UK)

Das ESA-Climate Office begrüßt Feedback und Kommentare  
<https://climate.esa.int/de/helpdesk/>

Erstellt vom ESA Climate Office  
Copyright © European Space Agency 2020-2021

# DEM PLANETEN AUF DEN PULS FÜHLEN: Überblick

## Schnelle Fakten

**Fächer:** Geographie, Naturwissenschaften, Geowissenschaften

**Altersgruppe:** 14-16 Jahre

**Aufgabenstellung:** mathematische Berechnungen, IT- und Forschungstätigkeiten

**Komplexität:** mittel bis fortgeschritten

**Erforderliche Unterrichtszeit:** 4 Stunden

**Kosten:** gering (5-20 Euro)

**Standort:** Innenbereich

**Hilfsmittel:** Internet, Smartphone oder Kamera, Taschenrechner

**Stichworte:** Fernerkundung, Plattform, Sensor, Satellit, Orbit (Umlaufbahn), geostationär, polar, sonnensynchrone Umlaufbahn, Fußabdruck, Auflösung, räumlich, zeitlich

## Kurzbeschreibung

Bei dieser Reihe von Aktivitäten lernen die Schüler\*innen (SuS), auf welche Weise Daten von Sensoren gesammelt werden und wie die Umlaufbahn eines Satelliten die Details, die gewonnen werden können, beeinflusst.

Die auf der Grundlage eines Textes basierende Aktivität führt in das Konzept der Fernerkundung ein. Diese Aktivität zeigt auf, wie Sensoren und Satelliten in verschiedenen Umlaufbahnen auf den jeweiligen Anwendungszweck abgestimmt werden können.

Bei der darauffolgenden mathematischen Übung werden Faktoren untersucht, die sich auf die Menge der in einem Satellitenbild sichtbaren Details auswirken.

Bei der letzten Aktivität verwenden die SuS die Webanwendung *Climate from Space - Klima aus dem Weltraum*, um eine Reihe von Klimavariablen während der El Niño und La Niña Ereignisse zu untersuchen.

## Angestrebte Lernergebnisse

**Nach Durchführung dieser Aktivitäten werden die SuS in der Lage sein:**

- die wichtigsten Komponenten eines Fernerkundungssystems zu benennen.
- die Vor- und Nachteile verschiedener Satellitenumlaufbahnen für die Überwachung der Erde und des Klimas zu beschreiben.
- eine Infografik, die Forschungsergebnisse auf ansprechende Weise vermittelt zu erstellen.
- ein digitales Bildes zu analysieren, um die Auflösung des Bildes zu bestimmen.

- zu überlegen, wie die Sensoren für den Einsatz auf Satellitenplattformen angepasst werden.
- die Gründe für Unterschiede in der Auflösung der mit verschiedenen Instrumenten erfassten Daten zu nennen.
- Klimadaten zu verwenden, um El-Niño- und La-Niña-Ereignisse zu erkennen.
- die globalen Auswirkungen dieser Ereignisse zu erklären, und zu untersuchen welche Folgen einer dieser Auswirkungen auf die Menschen und die Gesellschaft hat.

## Zusammenfassung der Aktivitäten

	Titel	Beschreibung	Aufgaben und Ergebnisse	Vorkenntnisse	Zeit
1	DEM PLANETEN AUF DEN PULS FÜHLEN	Über die von Fernerkundungssatelliten genutzten Umlaufbahnen lesen und diese erforschen	Nennt die wichtigsten Komponenten eines Fernerkundungssystems. Beschreibt die Vor- und Nachteile verschiedener Satellitenumlaufbahnen für die Überwachung der Erde und des Klimas. Erstellt eine Infografik, um Forschungsergebnisse auf ansprechende Weise zu vermitteln.	Keine	Anderthalb Stunden
2	WAS KÖNNEN WIR AUS DEM WELTRAUM SEHEN?	Erkundung des Fußabdrucks und der Auflösung von Bildern mit Hilfe einer Kamera und der Webanwendung <i>Climate from Space</i>	Analysiert ein digitales Bild, um die Auflösung des Bildes zu bestimmen. Überlegt, wie die Sensoren für den Einsatz auf Satellitenplattformen angepasst werden. Nennt die Gründe für Unterschiede in der Auflösung der mit verschiedenen Instrumenten erfassten Daten.	Berechnungen mit direkter Proportionalität, SI-Einheiten	Eine Stunde
3	EL Niño UND LA Niña	Nutzung von Satellitendaten zur Erforschung eines Klimazyklusses	Verwendet die Klimadaten, um El-Niño- und La-Niña-Ereignisse zu erkennen. Erklärt die globalen Auswirkungen dieser Ereignisse und untersucht die Folgen einer dieser Auswirkungen auf die Menschen und die Gesellschaft.	Keine	Anderthalb Stunden

Die angegebenen Zeiten gelten für die Hauptübungen, wobei ein vollständiger IT-Zugang und/oder die Verteilung der sich wiederholenden Berechnungen und Diagramme in der Klasse vorausgesetzt werden. Sie geben genügend Zeit für den Austausch von Ergebnissen, aber nicht für die Präsentation der Ergebnisse, da dies von der Größe der Klasse und der Gruppen abhängt. Alternative Ansätze können mehr Zeit in Anspruch nehmen.

## Praktische Hinweise für die Lehrkraft

Das für jede Aktivität **benötigte Material** wird zu Beginn eines jeweiligen Abschnitts zusammen mit Hinweisen zu den eventuellen Vorbereitungen aufgeführt, die über das Kopieren von Arbeitsblättern und Informationsblättern hinausgehen.

Die **Arbeitsblätter** sind für die einmalige Verwendung bestimmt und können schwarz-weiß kopiert werden.

Die **Informationsblätter** können größere Bilder enthalten, welche Sie bei Ihren Präsentationen im Klassenzimmer miteinbeziehen können. Diese enthalten zusätzliche Informationen oder Daten für die SuS und deren Arbeiten. Diese Arbeitsmittel werden am besten in Farbe gedruckt oder kopiert und können wiederverwendet werden.

Alle **zusätzlichen Tabellen, Datensätze oder Dokumente**, die für die Übung benötigt werden, können unter folgendem Link heruntergeladen werden:

<https://climate.esa.int/de/educate/climate-for-schools/>

**Erweiterungsideen** und Vorschläge zur **Differenzierung** sind an geeigneten Stellen in der Beschreibung jeder Aktivität enthalten.

Arbeitsblattantworten und Beispielergebnisse für praktische Übungen sind zur Unterstützung der **Auswertung** enthalten. Im entsprechenden Teil der Aktivitätenbeschreibung sind die Möglichkeiten zur Verwendung lokaler Kriterien zur Bewertung von Kernkompetenzen, wie Kommunikation oder Datenverarbeitung, aufgeführt.

### Gesundheit und Sicherheit

Es wird vorausgesetzt, dass bei der Durchführung aller Aktivitäten die regulären Verfahren bei der Verwendung von Geräten (einschließlich elektrischer Geräte wie z. B. Computer) und bei Bewegung innerhalb der Lernumgebung, beim Stolpern und Verschütten, einschließlich der Erste Hilfe Maßnahmen usw. eingehalten werden. Da die Notwendigkeit dieser Maßnahmen allgemeingültig ist, aber im Detail bei ihrer Umsetzung sehr unterschiedlich ist, werden diese nicht jedes Mal erneut aufgelistet. Stattdessen werden die Gefahren hervorgehoben, die für eine bestimmte praktische Tätigkeit besonders wichtig sind, um das jeweilige Risiko einzuschätzen.

Einige dieser Aktivitäten verwenden die Webanwendung *Climate from Space- Klima aus dem Weltraum*. Es ist möglich, von hier aus zu anderen Teilen der Website der ESA CLIMATE CHANGE INITIATIVE und von dort aus zu externen Websites zu gelangen. Falls Sie die Seiten, die sich die SuS ansehen nicht einschränken können oder möchten, weisen Sie Ihre SuS auf die lokalen Regeln zu Internet-Sicherheit hin.

## Klimabeobachtung aus dem Weltraum

ESA-Satelliten spielen eine wichtige Rolle bei der Überwachung des Klimawandels. Die Webanwendung *Climate from Space – Klima aus dem Weltraum* ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int)) ist eine Online-Ressource, die anhand von illustrierten Geschichten zusammenfasst, wie sich unser Planet verändert und die Arbeit von ESA-Wissenschaftler\*innen hervorhebt.

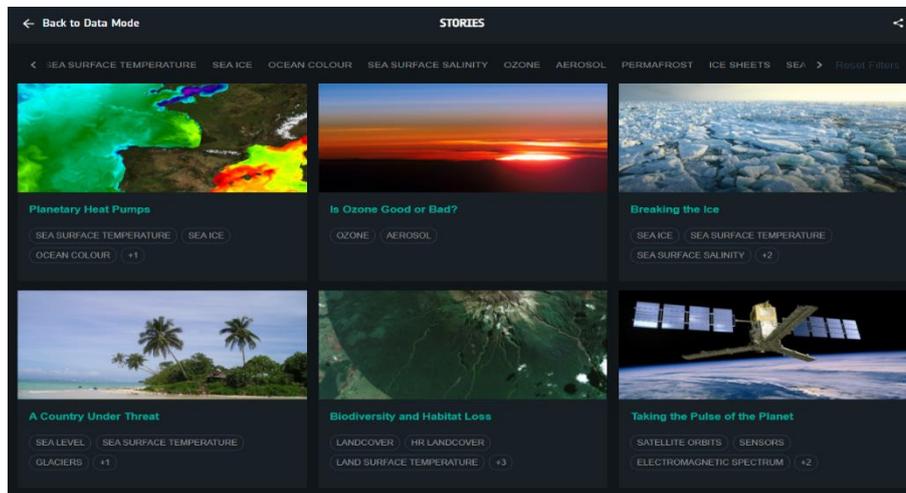


Abb. 1: Geschichten in der Webanwendung *Climate from Space* (Quelle: ESA CCI)

Das Programm CLIMATE CHANGE INITIATIVE (CCI) der ESA erstellt zuverlässige globale Aufzeichnungen einiger wichtiger Aspekte des Klimas, die als wesentliche Klimavariablen (ECVs, Essential Climate Variables) bekannt sind. Die Webanwendung *Climate from Space* ermöglicht es euch, mehr über die Auswirkungen des Klimawandels zu erfahren, indem ihr diese Daten selbst untersucht.

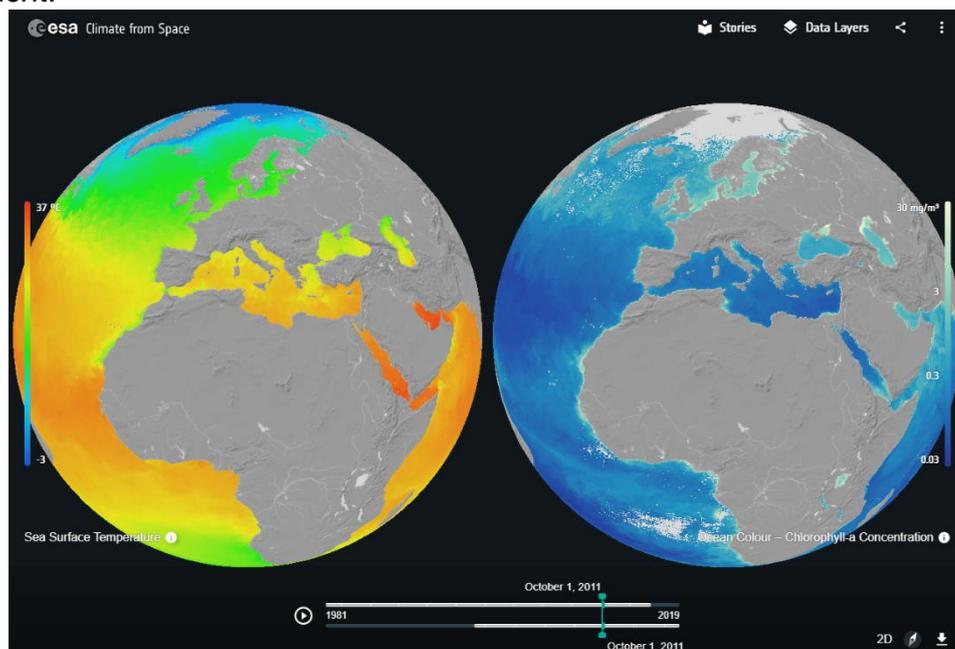


Abb. 2: Vergleich von Meeresoberflächentemperaturen und Ozeanfarbe in der Webanwendung *Climate from Space* (Quelle: ESA CCI)

# Überwachung der Erde aus dem Weltraum: Hintergrundinformationen

## Erdbeobachtung und Fernerkundung

Unter Erdbeobachtung versteht man das Sammeln von Daten über die Erde. Dieser Begriff wird vor allem in Europa häufig für die Erfassung von Messungen mit Hilfe von auf Satelliten installierten Sensoren verwendet. Ein anderer Begriff, welcher oftmals für diese Art der Datenerfassung verwendet wird, ist die Fernerkundung. Dabei handelt es sich um Messungen aus der Ferne. Wissenschaftler\*innen, die sich mit der Erdbeobachtung befassen, nutzen auch Daten, welche von Instrumenten am Boden, auf oder im Meer und in der Atmosphäre gesammelt wurden, um die Satelliten-sensoren zu kalibrieren und zu überprüfen, ob sie richtig funktionieren.

## Der Vorteil von Satelliten

Bei der Überwachung des Klimas handelt es sich um eine der wichtigsten Verfahren bei der Erdbeobachtung. Das Klimasystem ist kompliziert, und um es zu verstehen, sind Messungen auf der ganzen Welt notwendig. Aus diesem Grund ist der Weltraum der ideale Ausgangspunkt für die Datenerfassung. Ansonsten wäre ein Heer von Beobachtern\*innen am Boden erforderlich, um die Informationen in einem einzigen Satellitenbild zu erfassen. Weltraumgestützte Instrumente können auch Daten von abgelegenen oder unzugänglichen Orten wie den Polarregionen und der Mitte des Ozeans sammeln. Ein weiterer Vorteil von Satelliten liegt darin, dass sie in der Lage sind über Jahre hinweg in regelmäßigen Abständen Messungen durchzuführen. Dank der sich überschneidenden Messungen diverser Arten von Satelliteninstrumenten verfügt man heute über detaillierte, Jahrzehnte umfassende Aufzeichnungen im Hinblick auf viele Kernpunkte des Klimas, welche von Wissenschaftlern\*innen und politischen Entscheidungsträgern\*innen als wesentliche Klimavariablen (ECVs, Essential Climate Variables) bezeichnet werden.

Bei den ersten beiden Aktivitäten dieses Pakets steht der Fernblick eines Satelliten im Fokus. Hier werden die verfügbaren Arten von Umlaufbahnen unter Berücksichtigung des Gleichgewichts zwischen Höhe und Detailgenauigkeit, die Sensoren liefern können, untersucht. Die Umlaufbahnen werden auf dem Informationsblatt 1 beschrieben. Das Arbeitsblatt 2.1 führt die SuS anhand einfacher mathematischer Methoden und der Daten eines Smartphones durch die Berechnung der Auflösungen. Die Notizen der Lehrkraft zu dieser Aktivität unterstützen die Diskussion über den Vergleich dieser theoretischen Situation mit den Sensoren in der Umlaufbahn. Daher wurden hier keine zusätzlichen Details aufgenommen.

## Erdbeobachtung für das Klima

Unser Klima ist das Ergebnis interagierender Variablen, durch welche natürliche Zyklen, die sich über einen Tag, ein Jahr, Jahrzehnte oder Tausende von Jahren erstrecken, entstehen. Wir beobachten ECVs, um zu verstehen, wie sie sich verändern, interagieren und zu diesen Zyklen beitragen. Die von den Satelliten erfassten Erdbeobachtungsdaten leisten einen wichtigen Beitrag, um die Prozesse, die den Klimawandel vorantreiben, zu begreifen. Sie werden verwendet, um das

Klima zu modellieren, damit wir künftige Veränderungen und die möglichen Auswirkungen von Maßnahmen, die wir zur Abschwächung der Folgen ergreifen könnten, besser einschätzen können.

Die letzte Aufgabe dieses Pakets gibt den SuS die Möglichkeit, die Komplexität des Klimas anhand aktueller Satellitendaten zu erforschen, um einen dieser natürlichen Zyklen, wie zum Beispiel die Ereignisse El Niño und La Niña, die im Südpazifik auftreten, zu untersuchen. Falls nicht bekannt sein sollte, wie diese entstehen, besteht die Möglichkeit sich diese in der Animation anzusehen, auf welche in den Hinweisen zur Aktivität verwiesen wird. Die Animation ist wesentlich leichter verständlich als ein statischer Text!

Aktivitäten, die sich mit den Sensoren von Satellitenplattformen befassen, sind in dem Begleitpaket *Taking the Pulse of the Planet – Dem Planeten auf den Puls fühlen (Sekundarstufe I)* zu finden.

Das Begleitpaket ist ebenfalls unter dem Link <https://climate.esa.int/de/educate/climate-for-schools/> abrufbar.

## Aktivität 1: DEM PLANETEN AUF DEN PULS FÜHLEN

Bei dieser Verständnisaufgabe werden die SuS in das Konzept der Fernerkundung eingeführt und erforschen den Einsatz von Satelliten in verschiedenen Umlaufbahnen zur Überwachung von Komponenten des Klimasystems der Erde. Sichere Leser\*innen können diese Aktivität eigenständig als Hausaufgabe durchführen, und die abschließende Forschungsaufgabe kann in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit durchgeführt werden.

### Arbeitsmaterial

- Informationsblatt 1 (2 Seiten)
- SuS-Arbeitsblatt 1
- Webanwendung *Climate from Space: Dem Planeten auf den Puls fühlen* (optional)
- Internetzugang

### Aufgabe

1. Lesen Sie Informationsblatt 1 im Plenum oder bitten Sie ihre SuS, es in Einzel- oder in Gruppenarbeit zu lesen. Während der Lektüre sollten die SuS alle Fragen notieren, die sie stellen möchten, und den Abschnitt "Arten von Umlaufbahnen" auf Arbeitsblatt 1 ausfüllen.
  - Eine animierte Version des endgültigen Bildes ist auf dem Informationsblatt unter folgendem Link zu finden:  
[https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2020/11/Sentinel-6\\_orbit/\(lang\)](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/11/Sentinel-6_orbit/(lang))
  - Sie könnten den Text mit Material aus der Geschichte *Climate from Space - Dem Planeten auf den Puls fühlen* ergänzen - insbesondere mit den Galerien auf Folie 2, auf der eine Reihe historischer Bilder der Erde aus dem Weltraum gezeigt werden, darunter das Bild der Blauen Murmel - *Blue Marble* und Folie 3, auf der eine Auswahl von Satelliten und deren Art der Kommunikation mit der Erde gezeigt werden.
2. Überprüfen Sie die Antworten zu "Arten von Umlaufbahnen" im Plenum und lassen Sie alle Fragen diskutieren, die sich aus der Lektüre ergeben. Die SuS, die diese Übung zu Hause durchführen, können auch den ESA-Artikel über "Arten von Umlaufbahnen" lesen, der unter folgendem Link abrufbar ist:  
[https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Space\\_Transportation/Types\\_of\\_orbits](https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits).
3. Bitten Sie Ihre SuS, die restlichen Fragen auf dem Arbeitsblatt zu beantworten.
  - Sollten den SuS keine Anwendungsmöglichkeiten einfallen, verweisen Sie sie auf Arbeiten, die sie mit Datenloggern durchgeführt haben, und regen Sie sie dazu an, über den Einsatz von Drohnen nachzudenken und Überlegungen darüber anzustreben, wie Tierwanderungen verfolgt werden.

- Im folgendem werden gute Ausgangspunkte für die Recherche genannt:
  1. Die Beschreibung der Copernicus-Sentinel-Satelliten unter dem Link: [https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/The\\_Sentinel\\_missions](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/The_Sentinel_missions)
  2. Die umfassende Liste der ESA-Erdbeobachtungen unter dem Link: [https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Highlights/Earth\\_observation\\_missions](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Highlights/Earth_observation_missions)
- Sie können die zu untersuchenden Satelliten zuweisen oder den SuS die Möglichkeit geben, einen Satelliten auszusuchen, der für sie von Interesse ist.
- Vielleicht möchten Sie auch bestimmte Maße für die fertige Arbeit vorgeben und/oder den SuS erlauben, interaktive Elemente einzubeziehen.



Abbildung 3: Beispielhafte Infografik (Quelle: ESA)

- Eventuell möchten Sie den SuS die Infografik in Abb. 3 als Beispiel zeigen. Eine hochauflösende Version kann unter folgendem Link heruntergeladen werden: [https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2020/09/Six\\_key\\_facts\\_about\\_Copernicus\\_Sentinel-6#.X8T7Fd3QZQY.link](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/09/Six_key_facts_about_Copernicus_Sentinel-6#.X8T7Fd3QZQY.link)
4. Die SuS könnten ihre Forschungsergebnisse während einer Postersitzung vortragen und die Infografiken anhand vorher vereinbarter Kriterien gemeinsam bewerten.

## Arbeitsblattantworten

### Arten von Umlaufbahnen

1	Betrachtet konstant dieselbe Hemisphäre des Globus	GEO
2	Überfliegt die meisten Orte der Erde	LEO
3	Nimmt jeden Tag eine Vielzahl von Bildern eines einzigen Ortes auf	GEO
4	Produziert detaillierte Bilder	LEO
5	Werden für die Fernerkundung verwendet	GEO/LEO
6	Unterstützt bei der Überwachung der Bodenbedeckung	LEO
7	Unterstützt Wettervorhersagen	GEO

Die o.a. Antworten stimmen mit den Informationen aus der Geschichte auf Informationsblatt 1 überein. Zur Unterstützung lokaler Wettervorhersagen können jedoch Daten von LEO-Satelliten verwendet werden.

### Fernerkundung

Es gibt viele mögliche Antworten, aber im Folgenden werden einige Beispiele genannt:

Sensor	Plattform	Anmeldung
Videokamera	Drohne	Überwachung des Verkehrs
Herzfrequenzmonitor	Armband	Leichtathletik-Coaching
GPS-Sensor	Schild	Verfolgung eines Vogelzugs
Bewegungsmelder	Boje	Wellenhöhe/Bedingungen
Temperatursensor	Wand	Wetterstation

### Zusätzliche Informationen erlangen

Individuelle Antworten

## Aktivität 2: WAS KÖNNEN WIR AUS DEM WELTRAUM SEHEN?

Bei dieser Aktivität befassen sich die SuS mit den Faktoren, welche die Detailgenauigkeit der aus dem Weltraum gesammelten Daten beeinflussen. Berechnungen, welche auf den Informationen über ein digitales Bild beruhen, das im Klassenzimmer mit einer herkömmlichen Kamera aufgenommen wurde, ermöglichen es den SuS, Ideen der Mathematik über ähnliche Dreiecke oder Proportionalität zu überprüfen. Die Untersuchung der Auflösung von Datensätzen in der Webanwendung *Climate from Space* führt in das breite Spektrum an ECVs ein, die aus dem Weltraum messbar sind.

### Arbeitsmaterial

- SuS-Arbeitsblatt 2 (2 Seiten)
- Ein Zollstock oder Maßband
- Ein Smartphone oder eine Digitalkamera
- Ein Taschenrechner
- Bildverarbeitungssoftware, mit welcher die SuS vertraut sind
- Webanwendung *Climate from Space* ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int))

### Vorbereitung

Rufen Sie die ESA-Sammlung "Erdbeobachtungsbild der Woche" auf ([esa.int/ESA\\_Multimedia/Sets/Earth\\_observation\\_image\\_of\\_the\\_week/\(result\\_type\)/images](https://esa.int/ESA_Multimedia/Sets/Earth_observation_image_of_the_week/(result_type)/images)) und laden Sie ein Bild zur Einführung für die Unterrichtsstunde herunter. Sie können dafür das aktuellste Bild, wie zum Beispiel ein Bild Ihres Wohnorts oder ein Bild in Bezugnahme auf die Arbeit der SuS, auswählen.

### Übung

1. Zeigen Sie Ihren SuS das Bild eines Teils der Erde aus dem Weltraum und sprechen sie mit ihnen darüber, was auf dem Bild zu sehen ist. Stellen Sie Ihren SuS folgende Fragen: Wie einfach ist der Maßstab des Bildes zu erkennen? Gibt es bestimmte Merkmale, die dabei helfen? Auf welche Weise helfen diese Merkmale? Welches ist das kleinste Merkmal, von dem die SuS der Annahme sind, dass es auf dem Bild sichtbar wäre?
2. Erläutern Sie, dass Satellitenbilder nützlicher sind, wenn wir den Maßstab und die Auflösung (die Entfernung auf dem Boden, die der Länge eines Pixels im Bild entspricht) kennen. Bitten Sie die SuS, die Anweisungen und Fragen auf dem SuS-Arbeitsblatt 2 durchzuarbeiten.  
Die SuS müssen die Informationen über die Höhe der Satellitenbahnen aus der vorangegangenen Übung verwenden und auf die Einheiten achten. Die Frage 13 ist optional.

## Arbeitsblattantworten und Beispielergebnisse

### In welcher Größe kann eure Kamera ein Bild aufnehmen?

Die Antworten auf die Fragen 1, 2 und 4 unten sind Beispielergebnisse, die mit der Kamera eines einfachen Smartphones erzielt wurden. Sie können diese Daten an SuS weitergeben, die nicht in der Lage sind, die Übung selbst durchzuführen. Die Antworten auf die Fragen 3, 5 und 6 basieren auf den Beispieldaten und dienen daher nur zur Orientierung. Die Vorschläge der SuS sollten mit den Zahlen übereinstimmen, die sie in ihren Berechnungen erhalten.

1. 1,25 m
2. 1,5 m
3. a) Die Grundfläche beträgt 250 m, bei dem Objekt könnte es sich um eine Laufbahn handeln.  
b) 8330 m - eine Kleinstadt  
c) 333 km - etwa die Entfernung zwischen London und Paris  
d) 583 km - etwa die Entfernung zwischen Amsterdam und Berlin

### Was kann eure Kamera sehen?

4. 2560 Pixel
5.  $4,88 \times 10^{-4}$  m/Pixel (d. h. etwa 0,5 mm/Pixel)
6. a) Die Auflösung beträgt 9,76 cm, so dass es sich bei dem Objekt z. B. um Fahrbahnmarkierungen handeln könnte.  
b) 3,26 m - Autos  
c) 130 m - große Gebäude wie Fabriken  
d) 228 m - Felder

### Kameras im Weltraum

7. Im Prinzip ja, und ganz sicher, wenn es sich um eine "richtige" Kamera handelt: Die von den Astronauten auf der ISS (International Space Station – Internationale Raumstation) verwendeten Kameras unterscheiden sich nicht von denen, die auf der Erde verwendet werden.

In der Praxis gibt es mehrere Einschränkungen, welche die SuS berücksichtigen können. Dazu gehören:

- Eine Handykamera auf einer sich schnell bewegenden Plattform verfügt möglicherweise nicht über eine ausreichend kurze Verschlusszeit, um Unschärfe zu vermeiden.
- Ein kostengünstiger Sensor fängt möglicherweise nicht genug Licht ein, um ein klares Bild zu erzeugen.
- Große Kontrastunterschiede könnten sich auf die automatische Belichtungszeit auswirken und das Ergebnis können unterbelichtete oder verschwommene Bilder sein.

- Etwaige Mängel auf dem Gebiet der Optik könnten verstärkt werden, was z. B. zu Abbildungsfehlern an den Rändern des Bildes führt.
- Die Exposition gegenüber kosmischer Strahlung kann zu Spuren in Bildern und zu toten Pixeln führen.

Außerdem, ist den SuS unter Umständen bekannt, dass die Sensoren einiger Satelliten für andere Bereiche des elektromagnetischen Spektrums gegenüber normalen Kameras von denen sie erfasst werden, empfindlich sind.

#### 8. Mögliche Anmerkungen seitens der SuS:

- Die Struktur muss den Belastungen des Starts standhalten können.
- Alle luftgefüllten Hohlräume müssen gut abgedichtet sein, da sich der Satellit in einem Vakuum befinden wird.
- Alle Komponenten müssen innerhalb des weiten Temperaturbereichs, von etwa 120°C im direkten Sonnenlicht bis minus 150°C im Erdschatten, in der niedrigen Erdumlaufbahn funktionieren.
- Alle Anpassungen von Schärfe, Blende, Verschlusszeit usw. müssen per Fernbedienung vorgenommen werden.
- Die Kamera muss einen Datentransmitter anstatt einer Speicherkarte enthalten.

### Das Messen anderer Größen

9. Wie oft werden Bilder aufgenommen? Die SuS, die diese Frage nicht beantworten können, sollten ermutigt werden, zur nächsten Frage überzugehen und später wieder darauf zurückzukommen, nachdem sie sich einige Datensätze in der Webanwendung *Climate from Space* angesehen haben.

10. 4 km, monatlich

11. Die Auflösung der verwendeten Sensoren kann unterschiedlich sein. Die SuS könnten auch feststellen, dass wir monatliche oder jährliche Daten von Satelliten erhalten, welche diese, wie in der vorherigen Aktivität beschrieben, etwa alle zehn Tage sammeln. Die Daten können in der gleichen Weise, wie sie über die Zeit gemittelt werden, über ein Gebiet gemittelt werden, um zuverlässigere Messungen zu erhalten.

12. Viele Messungen werden durch die Bewölkung beeinflusst. Auch die Art der Bodenbedeckung kann sich auf andere Messungen auswirken: So ist es beispielsweise nicht möglich, die Bodenfeuchte in dicht bewaldeten Gebieten mit denselben Techniken zu messen wie auf Grünland.

### Herausforderung

13. a) Die Entfernung beträgt  $0,25 \times 2 \times \pi \times 6400 \div 360$  in jeder Richtung, also etwa 27,9 km x 27,9 km.

- b) Die Größe des Pixels in Nord-Süd-Richtung bleibt gleich, aber der Abstand in Ost-West-Richtung nimmt ab, wenn man sich vom Äquator entfernt.  
Ein Kreis um die Erde auf dem Breitengrad  $\theta$  hat einen Radius von  $6400 \times \cos \theta$  km.  
Bei  $40^\circ$  N wäre ein  $0,25^\circ$ -Pixel etwa  $21,2 \text{ km} \times 27,9 \text{ km}$  groß.

## Aktivität 3: EL NIÑO UND LA NIÑA

Bei dieser Aktivität erkunden die SuS einige Datensätze aus der Webanwendung *Climate from Space* genauer, um die Ereignisse El Niño und La Niña und die Erforschung ihrer Auswirkungen besser zu verstehen.

### Arbeitsmaterial

- SuS-Arbeitsblatt 3 (2 Seiten)
- Internetzugang
- Webanwendung *Climate from Space* ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int))

### Übung

1. Fragen Sie Ihre SuS, aus welchem Grund Meteorologen\*innen und Klimawissenschaftler\*innen überwiegend Zeitspannen und Wahrscheinlichkeiten als feste Vorhersagen angeben. Erläutern Sie die Theorie der natürlichen Variabilität, bei welcher davon ausgegangen wird, dass das Klimasystem der Erde komplex ist und dass es natürliche Zyklen von unterschiedlichen Zeitspannen (täglich, saisonal, mehrjährig) gibt, die berücksichtigt werden müssen. In dieser Lektion werden die SuS erkennen, auf welche Weise Satellitenbeobachtungen uns nutzen, um einen solchen Zyklus und seine Auswirkungen zu überwachen.
2. Bitten Sie Ihre SuS, die Anweisungen für die erste Aufgabe auf dem SuS-Arbeitsblatt 3.1 durchzulesen.
3. Zeigen Sie den Anfang (bis 2:05 Minuten) der ESA-Animation "El Niño" und "La Niña" und bitten Sie die SuS, die Aufgabe mit Hilfe dieser Animation zu lösen. Sie können sie auch auffordern, die richtige Reihenfolge der Buchstaben in den einzelnen Kästchen anzugeben.  
Die Animation ist der auf Folie 7 der Webanwendung *Climate from Space* unter dem Titel *Planetary Heatpumps* oder auf der ESA-Website unter folgendem Link abrufbar:  
[http://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2018/12/El\\_Nino\\_and\\_La\\_Nina](http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2018/12/El_Nino_and_La_Nina).
4. Überprüfen Sie die Antworten im Plenum, bevor Sie Ihre SuS auffordern, die in der Webanwendung *Climate from Space* verfügbaren Daten wie auf dem Arbeitsblatt beschrieben zu untersuchen. Sie können dies in Einzelarbeit, Partnerarbeit oder in kleinen Gruppen, abhängig davon, was für die Klasse angemessen ist, durchführen.  
Eventuell möchten Sie zusätzliche Informationen über einige der verfügbaren Datensätze geben, wie zum Beispiel die Definition des Begriffs "Anomalie" als Abweichung vom üblichen oder durchschnittlichen Wert.
5. Die SuS können direkt mit der Webanwendung fortfahren und versuchen, El-Niño- und La-Niña-Ereignisse zu identifizieren, oder Sie können sie bitten, zunächst ihre Theorien darüber auszutauschen, auf welche Weise sie den anderen SuS die einzelnen Arten von Ereignissen in den vorhandenen Datensätzen präsentieren würden.

6. Sobald die SuS Zeit hatten, um die Ereignisse identifizieren zu können, zeigen Sie den Rest der Animation. Dies gibt ihnen die Möglichkeit, ihre Antworten zu überprüfen und liefert Material, das sie für die erste Aufgabe im Abschnitt "Auswirkungen von El Niño und La Niña" auf dem Arbeitsblatt 3.2 verwenden können.
7. Eine detaillierte Recherche und/oder die Produktion eines Podcasts könnte als Hausaufgabe gestellt werden. SuS, die keinen Zugang zur Technologie haben, könnten Notizen für die spätere Aufzeichnung des Podcasts in der Schule erstellen, ein Skript schreiben oder ihre Ergebnisse in einem anderen Format präsentieren.  
Sie könnten die Audiodateien verwenden, um das Verständnis der SuS über dieses Phänomen zu bewerten. Zudem besteht die Möglichkeit, die Segmente für die Evaluierung der wissenschaftlichen Kommunikationsfähigkeiten mittels eines Peer Assessments anhand lokaler oder von den SuS vereinbarter Kriterien zu nutzen.

## Arbeitsblattantworten

### Wie entstehen El Niño und La Niña?

Normales Jahr	G E B
El Niño	H I D
La Niña	F C A

### Die Beobachtung von El Niño und La Niña aus dem Weltraum

Die folgende Tabelle enthält ausschließlich die im Video vorgeschlagenen Punkte. Die SuS können, falls sie das Thema bereits gut beherrschen, weitere hinzufügen.

Datenebene	El Niño	La Niña
Temperatur der Meeresoberfläche	Kühleres Wasser an der südamerikanischen Pazifikküste, eine warme Meeresströmung entlang des Pazifiks	Ein Schwall kühleren Wassers aus Südamerika entlang des Pazifiks
Farbe des Ozeans	Hohe Chlorophyllkonzentrationen an der Pazifikküste Südamerikas	Niedrige Chlorophyllkonzentrationen oder eine geringere Ausdehnung des Phytoplanktons in dieser Region
Meeresspiegel	Der Meeresspiegel im Pazifik ist höher als der Durchschnitt (positive Anomalien/rote Farbe)	Ozeanische Meeresströmung (Förderband) dessen Meeresspiegel niedriger ist als der Durchschnitt (negative Anomalien/blau Farbe)

Wolke	Wolkengürtel über der warmen Meeresströmung	Kein ausgeprägtes Wolkenband
-------	---	------------------------------

### Erkennung von El Niño und La Niña

Ereignisse, die ab 1990 als mäßig, stark oder sehr stark eingestuft wurden, in abnehmender Reihenfolge ihrer Stärke:

El Niño: 2015-2016, 1997-1998, 1991-1992, 2009-2010, 2002-2003, 1994-1995

La Niña: 2010-2011, 1999-2000, 2007-2008, 1998-1999, 2011-2012, 1995-1996

### Auswirkungen von El Niño und La Niña

Individuelle Antworten

Die SuS könnten den Fischfang in Südamerika, Dürren, Überschwemmungen, Brände in Australien oder Auswirkungen in anderen Ländern untersuchen (s. Videoanimation).

## Arbeitsblatt 1: DEM PLANETEN AUF DEN PULS FÜHLEN

### Arten von Umlaufbahnen

Treffen die folgenden Aussagen für Satelliten in einer geosynchronen äquatorialen Umlaufbahn (GEO), für solche in einer sonnensynchronen geosynchronen niedrigen Erdumlaufbahn (LEO) oder für beide zu? Nutze die Annahmen aus Informationsblatt 1, um dich zu entscheiden.

1. Sie betrachten immer die gleiche Hemisphäre des Globusses.  
\_\_\_\_\_
2. Sie überfliegen die meisten Orte der Erde.  
\_\_\_\_\_
3. Sie können jeden Tag eine Vielzahl von Bildern von einem Ort machen.  
\_\_\_\_\_
4. Sie erstellen detaillierte Bilder.  
\_\_\_\_\_
5. Sie werden für die Fernerkundung verwendet.  
\_\_\_\_\_
6. Sie unterstützen die Überwachung der Bodenbedeckung.  
\_\_\_\_\_
7. Sie sind eine Unterstützung für Wettervorhersagen.  
\_\_\_\_\_

### Fernerkundung

In der Geschichte auf Informationsblatt 1 geht es um den Einsatz von auf Satelliten installierten Kameras zur Beobachtung des Erdklimas. Aber auch andere Kombinationen von Sensoren und Plattformen können verwendet werden, um eine große Vielfalt von Dingen zu überwachen.

Wie viele fallen dir ein? Notiere einige Ideen in der folgenden Tabelle.

Sensor	Plattform	Anwendung

## Satellitenforschung

Recherchiert einen benannten Erdbeobachtungssatelliten und erstellt über diesen Satelliten eine Infografik. Eure Infografik sollte Folgendes enthalten:

- ein Bild oder eine Zeichnung des Satelliten
- die Umlaufbahn, auf der sich der Satellit bewegt
- was der/die Sensor(en) auf dem Satelliten erkennt/erkennen und/oder messen soll(en)
- wer den Satelliten betreibt und was der Zweck der Mission ist
- wann der Satellit gestartet wurde und seine (zu erwartende) Lebensdauer
- andere Satelliten, die ähnliche Vorhaben wie diese durchführen.

Ihr könnt jede zusätzliche von euch gewünschte Information einfügen. Aber, beachtet dabei, dass eure Infografik attraktiv und leicht zu lesen sein sollte.

## Arbeitsblatt 2: WAS KÖNNEN WIR AUS DEM WELTRAUM SEHEN?

### In welcher Größe kann eure Kamera ein Bild aufnehmen?

1. Wählt eine Anschlagtafel oder ein Fenster. Wie breit ist es?  
\_\_\_\_\_
2. Wie weit muss man von ihr/ihm entfernt stehen, damit sie/es gerade noch auf ein Foto passt?  
\_\_\_\_\_

Nehmt das Foto auf.

Die Größe des Objekts in eurem Bild entspricht der **Abbildungsgröße** eurer Kamera in dieser Entfernung.

Anhand dieser Maße kannst du ausrechnen, was du fotografieren könntest, wenn du dieselbe Kamera mit denselben Einstellungen verwendest, diese aber an folgenden Objekten befestigt wäre:

- a) einer Drohne, die 300 m über dem Boden fliegt  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- b) ein Flugzeug in 10 000 m Höhe  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- c) die Internationale Raumstation (ISS) in 400 km Entfernung  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- d) einen Satelliten in einer niedrigen Erdumlaufbahn  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### Was kann eure Kamera sehen?

Ladet das Foto, das ihr aufgenommen habt, herunter und öffnet es in einem Bildbearbeitungsprogramm.

4. Wie viele Pixel breit ist das Bild? \_\_\_\_\_

Ermittelt damit und mit der Antwort auf Frage 1 den Maßstab eures Bildes in m/Pixel.  
\_\_\_\_\_

Berechne nun das kleinste Objekt, das für die Kamera erkennbar wäre, falls sie auf einem der folgenden Gegenstände montiert wäre:

- a) einer Drohne

---



---

- b) einem Flugzeug

---



---

- c) der ISS (Internationale Raumstation)

---



---

- d) einem Satelliten in einer niedrigen Erdumlaufbahn.

---



---

### Kameras im Weltraum

Bist du der Auffassung, dass du wirklich so weit entfernt sehen könntest und diese Details erkennen könntest, wenn deine Kamera an diesen Stellen installiert wäre? Warum?

---



---

Was könnte an den Kameras der Satelliten anders sein? Was denkst du? Welche Auswirkungen hätte das auf die Bilder, die sie produzieren?

---



---

### Das Messen anderer Größen

Der Maßstab des Bildes in m/Pixel wird als **räumliche Auflösung bezeichnet**. Bei der Verwendung von Satellitenbildern zur Überwachung von Veränderungen ist auch die **zeitliche Auflösung** wichtig.

9. Was bedeutet deiner Meinung nach zeitliche Auflösung?

---

Öffnet Sie die Webanwendung *Climate from Space* ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int)).

Klickt auf das Symbol DATA LAYERS - DATENEbenen (oben rechts) und wählt dann OZEANFARBE aus der Liste.

Klickt dann auf die Schaltfläche **i** neben dem Titel der Visualisierung (unten links).

10. Welche räumliche und zeitliche Auflösung haben diese Daten?

---

11. Untersuche die räumliche und zeitliche Auflösung bei einigen der anderen Datensätze.

Warum gibt es deiner Meinung nach Unterschiede?

---

---

Bei der Durchsicht der Daten ist euch vielleicht aufgefallen, dass es Stellen gibt, an denen die graue Grundkarte durchscheint, weil keine Daten vorhanden sind. Warum passiert das manchmal? Was denkst du?

---

---

### Herausforderung

13. Bei einigen Größen wird die räumliche Auflösung in Grad und nicht in Metern angegeben.

Wenn der Radius der Erde 6400 km beträgt, welcher Pixelgröße entspricht eine räumliche Auflösung von  $0,25^\circ$ :

a) am Äquator? \_\_\_\_\_

---

b) wo du lebst? \_\_\_\_\_

---

## Arbeitsblatt 3: EL NIÑO AND LA NIÑA

### Wie entstehen El Niño und La Niña?

Die Aussagen A-I beschreiben die Bewegung von Wasser und Luft entlang des südlichen Pazifiks.

Einige Aussagen beschreiben ein normales Jahr, einige ein El-Niño-Ereignis und andere ein La-Niña-Ereignis.

Trage den Buchstaben für jede Aussage in die entsprechende Zeile der Tabelle ein.

- A. Eine Zunge kalten Wassers strömt von Osten nach Westen entlang der Meeresoberfläche.
- B. Entlang der Küste Südamerikas steigt kaltes, nährstoffreiches Wasser aus den Tiefen des Ozeans auf.
- C. Im Ostpazifik steigt das kalte Wasser schneller auf als in einem normalen Jahr.
- D. Die Bewölkung über dem Pazifik nimmt zu.
- E. Dadurch wird warmes Oberflächenwasser in Richtung Australien gedrückt.
- F. Die Passatwinde sind stärker als üblich.
- G. Die Passatwinde wehen von Ost nach West.
- H. Die Passatwinde schwächen ab.
- I. Warmes Wasser staut sich in der Nähe Amerikas.

<b>Normales Jahr</b>	
<b>El Niño</b>	
<b>La Niña</b>	

### Die Beobachtung von El Niño und La Niña aus dem Weltraum

Öffnet die Webanwendung *Climate from Space* ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int)).

Klickt auf das Symbol DATA LAYERS – DATENEbenen (oben rechts) und schaut euch die Liste der Optionen an.

1. Welche Datenschichten werden eurer Meinung nach während El Niño und/oder La Niña Veränderungen aufweisen?
2. Welche Muster oder Trends würdet ihr in jedem Fall erwarten?  
Notiert eure Gedanken in folgender Tabelle.

Datenebene	El Niño	La Niña

## Die Erkennung von El Niño und La Niña

Überprüft, ob ihr verstanden habt, auf welche Weise die Steuerelemente in der Webanwendung *Climate from Space* euch dabei unterstützen, bestimmte Orte oder Zeiten genauer zu betrachten.

1. Untersucht einige oder alle Datenebenen, die ihr für die Darstellung von Veränderungen ausgewählt habt.
2. Identifiziert ein oder mehrere El Niño und La Niña Ereignisse.
3. Notiert unten die Jahre, in denen sie stattgefunden haben. Falls sich ein Ereignis über Teile von zwei aufeinanderfolgenden Jahren erstreckt, gebt beide an.

El Niño \_\_\_\_\_

La Niña \_\_\_\_\_

## Die Auswirkungen von El Niño und La Niña

El Niño und La Niña bewirken mehr als nur eine Veränderung der Niederschlagsmuster im Pazifischen Ozean.

1. Recherchiere kurz, welche Auswirkungen diese Ereignisse auf Länder und Gemeinschaften in der ganzen Welt haben. Erstelle eine *Mindmap*, um zu zeigen, was du entdeckt hast.

2. Wähle einen dieser Effekte aus und führe eine gezielte Untersuchung der Folgen während oder nach einem bestimmten El Niño oder La Niña Ereignis durch.
3. Nimm einen Bericht über dieses Ereignis auf, der Teil eines Podcasts über Klimazyklen sein soll. Dein Beitrag sollte:
  - eine Audiodatei mit einer Länge von höchstens drei Minuten sein
  - eine kurze Erklärung enthalten, was El Niño und/oder La Niña bedeuten
  - eine Erklärung liefern, wie das Klimaereignis zu dem von dir beschriebenen Effekt führt
  - eine Beschreibung über die Auswirkungen auf den Menschen, die Umwelt und/oder die Industrie geben

## Informationsblatt 1: DEM PLANETEN AUF DEN PULS FÜHLEN



Das berühmte "Blue Marble"-Bild der Erde  
(Quelle: NASA)

**Die Blaue Murmel (The Blue Marble)** ist der Name für ein Bild des Planeten Erde, welches 1972 von der Besatzung der Apollo 17 aufgenommen wurde. Es gehört wohl zu einer der am häufigsten reproduzierten Fotos aller Zeiten. Das blaue Wasser der Meere und Ozeane dominiert das Bild. Aber bei genauerer Betrachtung, können wir noch viele weitere Farben, wie den gelben Sand der Sahara, die dunkelgrünen tropischen Regenwälder, das Weiß der Wolken über den Ozeanen und des Eises und des Schnees, welche die Antarktis bedecken, erkennen.

Derartige Bilder, die mit auf Satelliten installierten Kameras in der

Erdumlaufbahn aufgenommen werden, gehören heute zu unserem Alltag und werden unter anderem in vielen TV-Wettervorhersagen gezeigt.

Wissenschaftler\*innen verwenden den Begriff **Fernerkundung**, um die Beobachtung von Objekten aus der Ferne zu beschreiben. Ein Fernerkundungssystem benötigt einen **Sensor** (im obigen Beispiel die Kamera) und eine **Plattform** (in diesem Fall den Satelliten). Wissenschaftler\*innen, die unseren Planeten vom Weltraum aus beobachten, verwenden viele verschiedene Arten von Sensoren, die auf unterschiedlichen Satellitentypen installiert sind, und kombinieren sie, abhängig davon, was sie herausfinden wollen, auf unterschiedliche Weise. Hier konzentrieren wir uns darauf, wie sich der Satellitentyp auf die Daten auswirkt, welche die auf dem Satelliten installierten Instrumente sammeln können.

### Arten von Umlaufbahnen



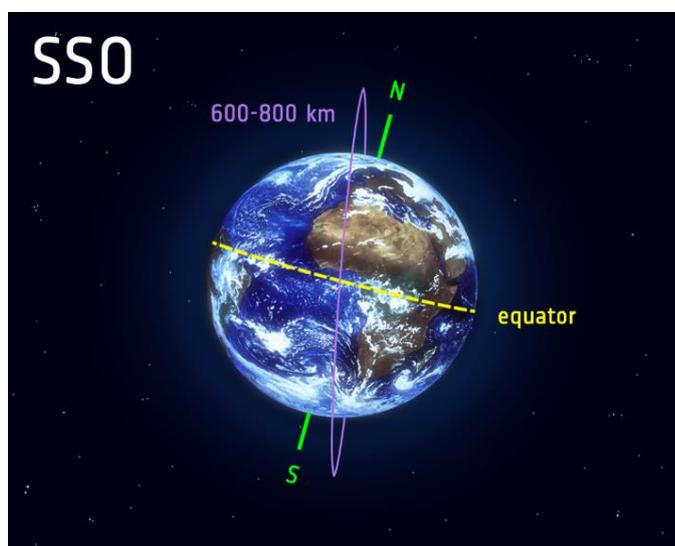
Eine geosynchrone äquatoriale Umlaufbahn (GEO)  
(Quelle: ESA)

Viele der Bilder, die für Wettervorhersagen genutzt werden, stammen von Instrumenten, die sich ungefähr 36 000 km über der Erdoberfläche befinden. Die Satelliten, die sie tragen, bewegen sich mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Erde und befinden sich aus diesem Grund immer über demselben Punkt der Erde. Satelliten in einer derartigen **geosynchronen äquatorialen Umlaufbahn (GEO)** bezeichnet man als **geostationäre Satelliten**. Ein **GEO-Satellit** ermöglicht es der Kamera, jeden Tag viele Bilder vom

selben Ort zu aufzunehmen, damit Meteorologen\*innen in der Lage sind die Entwicklung von Wettersystemen zu verfolgen.

Nicht alle Satelliten sind geostationär. Andere können den gesamten Globus überblicken, indem sie sich von Pol zu Pol bewegen. Diese **polarumlaufenden** Satelliten befinden sich in einer **niedrigen Erdumlaufbahn (LEO)** in einer Höhe von etwa 700 km. Polumlaufende Satelliten benötigen nur etwa hundert Minuten, um die Erde zu umrunden, und ihre Bahn kreuzt den Äquator etwa vierzehn Mal pro Tag.

Die meisten polumlaufenden Satelliten folgen einer ganz bestimmten Bahn, der so genannten **sonnensynchronen Umlaufbahn (SSO)**. Sie fliegen nicht direkt über die Pole, sondern ihre Bahn ist leicht geneigt. Das hat zur Folge, dass jedes Mal, wenn sie einen bestimmten Punkt auf dem Äquator überfliegen, die Ortszeit ungefähr die gleiche ist.



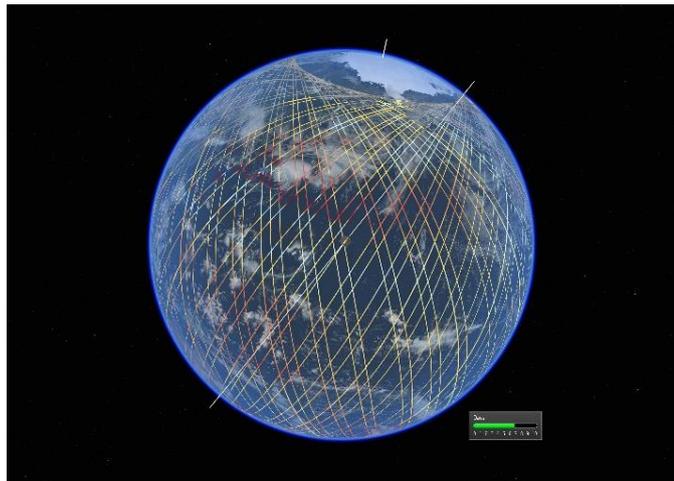
*Eine sonnensynchrone Umlaufbahn (SSO) ist eine besondere Art der Erdumlaufbahn (LEO) (Quelle: ESA)*

Die Kameras auf den sonnensynchronen polumlaufenden Satelliten können von den meisten Orten auf der Erde nur ein Bild pro Tag aufnehmen. Die Bilder sind jedoch detaillierter als die der geostationären Satelliten, da sich die Kamera viel näher an der Erde befindet. Ein weiterer Vorteil eines SSO besteht darin, dass alle Bilder eines bestimmten Ortes zur gleichen Tageszeit aufgenommen werden und somit nicht durch die im Laufe eines Tages auftretenden

Schwankungen der Lichtintensität und Lichtrichtung beeinflusst werden. Dies ermöglicht es, andere Veränderungen genau zu erkennen, was für die Beobachtung des Klimas und die Messung von Größen, die als wesentliche Klimavariablen (ECVs) bekannt sind, unerlässlich ist. Die ECVs geben Aufschluss über den Gesundheitszustand unseres Planeten, auf die gleiche Weise, wie ein Arzt durch das Messen des Pulses auf den Gesundheitszustand eines Menschen schließen kann.

## Die Nutzung von Satellitenbeobachtungen

**Die Europäische Weltraumorganisation (ESA)**, eine der weltweit führenden Raumfahrtorganisationen, sammelt seit über vierzig Jahren Satellitendaten. Die meisten davon werden mit sonnensynchronen polumlaufenden Satelliten aufgenommen. Diese langen Aufzeichnungen sind äußerst wertvoll. Auf diese Weise ist beispielsweise für uns sichtbar, wie sich die globale Erwärmung auf unseren Planeten auswirkt. Außerdem sind Satelliten besonders nützlich, um zu zeigen, was in abgelegenen Regionen geschieht. Dies ist wichtig, da unzugängliche Ozeane, Gebirge, tropische Regenwälder, Savannen und Polarregionen zu den Gebieten gehören, die am stärksten vom Klimawandel betroffen sind.



*Der Copernicus-Satellit Sentinel 6 benötigt etwa hundert Minuten für eine einzige Umlaufbahn und "sieht" so mindestens einmal alle zehn Tage 95 % der eisfreien Ozeane der Erde (Quelle: ESA)*

## Links

### ESA Quellen

Webanwendung *Climate from Space - Klima aus dem Weltraum*  
<https://cfs.climate.esa.int>

Klima für Schulen  
<https://climate.esa.int/de/educate/climate-for-schools/>

Lehren durch Weltraum  
[http://www.esa.int/Education/Teachers\\_Corner/Teach\\_with\\_space3](http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Teach_with_space3)

El Niño mit LEO Works erforschen  
[https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace\\_Weather\\_EN/SEML1PVO1FG\\_0.html](https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Weather_EN/SEML1PVO1FG_0.html)

### ESA-Raumfahrtprojekte

ESA-Klimabehörde  
<https://climate.esa.int/>

Raum für unser Klima  
[http://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Space\\_for\\_our\\_climate](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate)

Die Erdbeobachtungsmissionen der ESA  
[www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/ESA\\_for\\_Earth](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ESA_for_Earth)

Erforscher der Erde  
[http://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/The\\_Living\\_Planet\\_Programme/Earth\\_Explorers](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers)

Kopernikus Sentinels - Wächter  
[https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Overview4](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4)

### Zusätzliche Informationen

Arten von Umlaufbahnen  
[https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Space\\_Transportation/Types\\_of\\_orbits](https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits)

El-Niño-Diagramme  
[https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2018/08/El\\_Nino](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2018/08/El_Nino)

Weitere Videos zur Erde aus dem Weltraum  
[http://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Sets/Earth\\_from\\_Space\\_programme](http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Sets/Earth_from_Space_programme)

ESA-Kinder  
[https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate\\_change/Climate\\_change](https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate_change/Climate_change)