

Grundschule
8-11



Bildungsressourcenpaket

IST OZON GUT ODER SCHLECHT?

Die Entdeckung des Ozonlochs über der Antarktis

Lehrerhandbuch
und Schüler*Innen-Arbeitsblätter



| | |
|---|----------|
| Übersicht | Seite 3 |
| Zusammenfassung der Aktivitäten | Seite 5 |
| Klimaüberwachung aus dem Weltraum | Seite 8 |
| Ozon in der Atmosphäre: Hintergrundinformationen | Seite 9 |
| | |
| Aktivität 1: WARUM IST OZON WICHTIG? | Seite 12 |
| Aktivität 2: WIE GUT WIRKT MEIN SONNENSCHUTZMITTEL? | Seite 14 |
| Aktivität 3: DAS OZONLOCH | Seite 21 |
| | |
| Schüler*Innen- (SuS) Arbeitsblatt 1 | Seite 25 |
| SuS-Arbeitsblatt 2 | Seite 26 |
| SuS-Arbeitsblatt 3 | Seite 29 |
| | |
| Informationsblatt 1 | Seite 31 |
| Informationsblatt 2 | Seite 33 |
| | |
| Links | Seite 34 |
| Anhang: HAST DU DAS GEWUSST? | Seite 35 |

Klimawandel-Initiative Bildungsressourcenpaket – IST OZON GUT ODER SCHLECHT?

<https://climate.esa.int/de/educate/>

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

Das ESA Climate Office begrüßt Feedback und Kommentare

<https://climate.esa.int/de/helpdesk/>

Produziert vom ESA Climate office

Copyright © European Space Agency 2020

IST OZON GUT ODER SCHLECHT?

Übersicht

Die Entdeckung des antarktischen Ozonlochs

Schnelle Fakten

Fächer: Geographie, Geowissenschaften

Altersgruppe: 8-11 Jahre

Aufgabenstellung: Lesen, praktische Übungen

Komplexität: leicht bis mittel

Erforderliche Unterrichtszeit: 3 Stunden

Kosten: niedrig (5-20 Euro)

Standort: drinnen und draußen

Hilfsmittel: Internet, UV-Perlen, Sonnenschutzmittel

Stichworte: Ozon, Ozonloch, ultraviolettes (UV) Licht, Treibhausgas, Schadstoff, Experiment, Satellit

Kurzbeschreibung

Bei dieser Reihe von Aktivitäten lernen die SuS etwas über das Ozon und dessen positive und negative Auswirkungen, die es auf das Leben auf der Erde hat.

Die erste Aktivität liefert einen Überblick über diese Auswirkungen, skizziert, wie Ozon gemessen wird und führt in die Geschichte des antarktischen Ozonlochs ein.

Mittels einer praktischen Aktivität wird die Wirksamkeit von Sonnenschutzmitteln untersucht.

Während der letzten Aktivität verwenden die SuS echte Satellitendaten, um zu untersuchen, wie sich die Ozonkonzentration in den letzten Jahrzehnten weltweit verändert hat.

Lernziel

Nachdem die SuS diese Aktivitäten durchgearbeitet haben, können sie,

- die Auswirkungen von Ozon in verschiedenen Teilen der Atmosphäre auf das Leben auf der Erde zusammenfassen.
- die Geschichte des antarktischen Ozonlochs, einschließlich der Rolle von Satellitenbeobachtungen bei der Überwachung auf dem Weg seiner Erholung, skizzieren.
- die Teile eines Versuchsmodells auf die reale Situation, die es darstellt, beziehen.
- die Wirksamkeit einer experimentellen Methode bewerten.
- eine praktische Tätigkeit ausführen, indem sie Anweisungen befolgen und Ergebnisse systematisch aufzeichnen.
- die Webanwendung *Klima aus dem Weltraum* anwenden, um Änderungen der globalen Ozonkonzentrationen zu untersuchen.
- Schlüsselinformationen aus einer Reihe von Quellen auswählen, um eine prägnante Zusammenfassung einer unabhängigen Recherche zu präsentieren.

Zusammenfassung der Aktivitäten

| | Titel | Beschreibung | Aufgaben und Ergebnisse | Vorkenntnisse | Zeit |
|---|--------------------------------------|---|--|--|---|
| 1 | Warum ist Ozon wichtig? | Verständnisübung basierend auf einer Geschichte, welche die Ozonmessung mit dem realen Leben in Verbindung bringt | Fasst die Auswirkungen von Ozon in verschiedenen Teilen der Atmosphäre, die es auf das Leben auf der Erde hat, zusammen. Skizziert die Geschichte des antarktischen Ozonlochs, einschließlich der Rolle von Satellitenbeobachtungen bei der Überwachung seiner Erholung. | Keine | 30–60 Minuten |
| 2 | Wie gut ist mein Sonnenschutzmittel? | Praktische Tätigkeit mit UV-Perlen zur Untersuchung der Schutzwirkung von verschiedenen Sonnenschutzmitteln | Bezieht die Teile eines Versuchsmodells auf die reale Situation, die es darstellt. Bewertet die Wirksamkeit einer experimentellen Methode. Führt eine praktische Tätigkeit durch, indem Ihr Anweisungen befolgt und Ergebnisse systematisch aufzeichnet. | Keine | 60-90 Minuten |
| 3 | Das Ozonloch | Forschungsaktivität mit Hilfe der Webanwendung <i>Klima aus dem Weltraum (Climate from Space)</i> | Nutzt die Webanwendung <i>Klima aus dem Weltraum</i> , um Änderungen der globalen Ozonkonzentrationen zu untersuchen. Wählt Schlüsselinformationen aus einer Reihe von Quellen aus, um eine prägnante Zusammenfassung einer unabhängigen Recherche zu präsentieren. | Eine Einführung in das Thema, zum Beispiel Aktivität 1 | 30-60 Minuten + Recherche (Lernen zu Hause) und Feedback-Zeit |

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 mit folgendem Link heruntergeladen werden:

<https://climate.esa.int/en/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 *Klima aus dem Weltraum (Climate from Space)*. 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. Wenn Sie die Seiten, die sich die SuS ansehen können, nicht einschränken können oder möchten, erinnern Sie sie an ihre lokalen Regeln zur Internetsicherheit.

Klimaüberwachung aus dem Weltraum

ESA Satelliten spielen eine wichtige Rolle bei der Überwachung des Klimawandels. *Klima aus dem Weltraum* (Climate from Space) (cfs.climate.esa.int) ist eine Online-Ressource, die anhand von illustrierten Geschichten zusammenfasst, wie sich unser Planet verändert und die Arbeit von ESA-Wissenschaftlern hervorhebt.

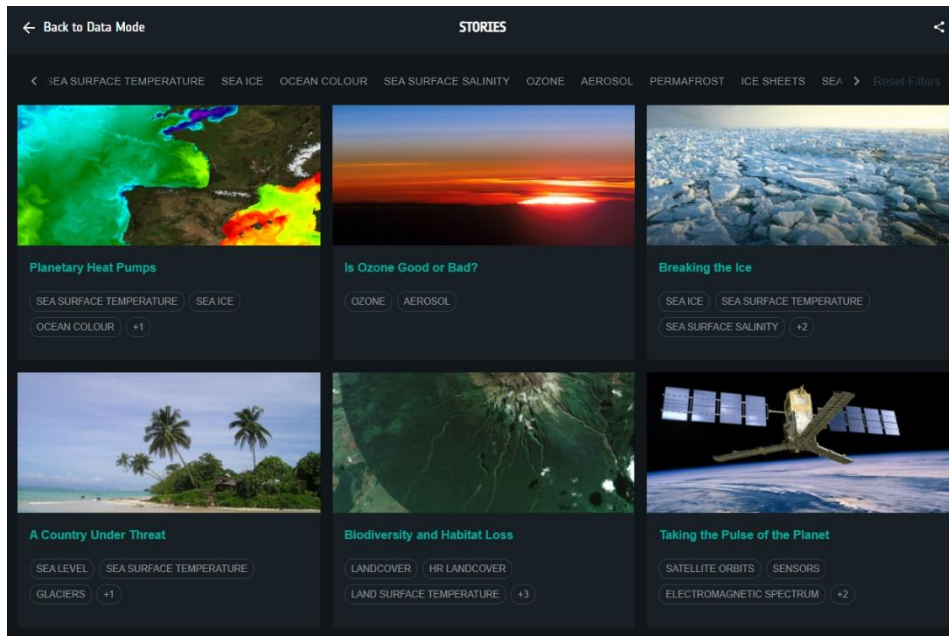


Abbildung 1: Klimageschichten aus dem Weltraum (Quelle: ESA CCI)

Das Programm CLIMATE CHANGE INITIATIVE der ESA erstellt zuverlässige globale Aufzeichnungen einiger wichtiger Aspekte des Klimas, die als wesentliche Klimavariablen (ECVs, Essential Climate Variables) bekannt sind. Die Webanwendung *Klima aus dem Weltraum* ermöglicht es Euch, mehr über die Auswirkungen des Klimawandels zu erfahren, indem Ihr diese Daten selbst auswertet.

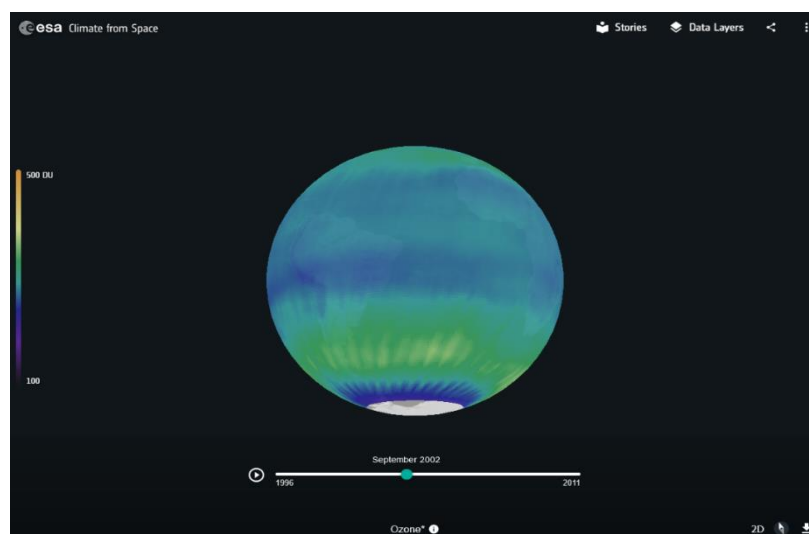


Abbildung 2: Erforschung der Ozonwerte in der Webanwendung Climate from Space (Quelle: ESA CCI)

Ozon in der Atmosphäre: Hintergrundinformationen

Treibhausgase

Das Licht der Sonne durchdringt unsere Atmosphäre und erwärmt die Erde. Die Erde strahlt ihrerseits Wärme in den Weltraum ab. Die Treibhausgase in der Atmosphäre sind für das Sonnenlicht durchlässig, aber halten die vom Sonnenlicht erzeugte Wärme zurück und verringern so den Kühleffekt (Abbildung 3). Ozon (O_3), eine Form von Sauerstoff, ist ein solches Treibhausgas.

Ozon und ultraviolettes Licht

Unsichtbares ultraviolettes (UV) Licht der Sonne verursacht Sonnenbrand und Hautschäden. Es wird in die Kategorien UVA (niedrige Energie), UVB (mittlere Energie) und UVC (höchste UV-Energie) eingeteilt. Das Ozon, welches sich hoch in der Atmosphäre befindet (20-50 km), absorbiert die gesamte UVC-Strahlung, aber lässt etwas UVA und UVB durch.

UVA erzeugt Ozon durch Aufspaltung von Sauerstoffmolekülen (O_2) in einzelne Atome, die schnell mit anderen Sauerstoffmolekülen eine Reaktion eingehen, um Ozon (O_3) zu bilden. UVB zerstört Ozon, indem es dieses in ein Sauerstoffmolekül und einzelne Atome aufspaltet, die sich paaren, um weitere Sauerstoffmoleküle zu bilden (Abbildung 4).

Diese beiden Prozesse würden sich normalerweise ausgleichen, aber andere Chemikalien, wie solche, die bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe emittiert werden, können einen Einfluss darauf haben, wie schnell Ozon gebildet und zerstört wird. Dies führt zu einer Verringerung der Ozonmenge hoch in der Atmosphäre und hinterlässt näher an der Erdoberfläche eine höhere Ozonkonzentration (Abbildung 5).

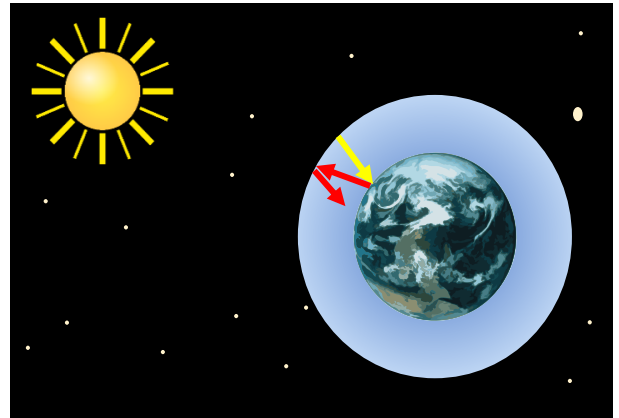


Abbildung 3: Der Treibhauseffekt
(Quelle: Suhyb Salama, Universität Twente)

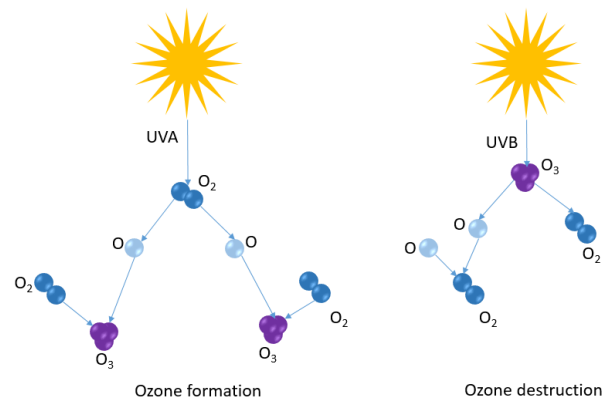


Abbildung 4: Natürliche Entstehung und Zerstörung von Ozon
(Quelle: Suhyb Salama, Universität Twente)

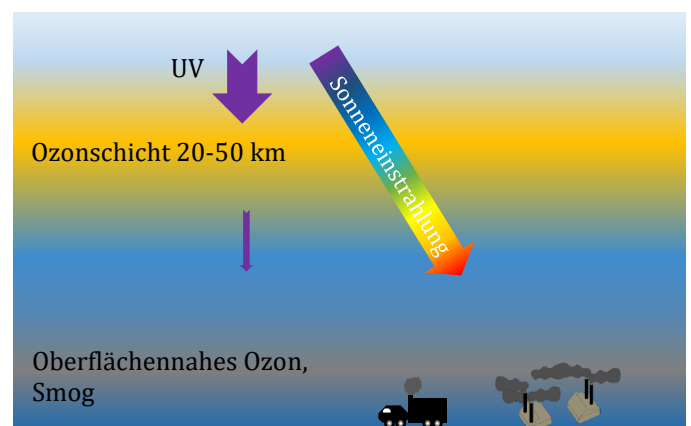


Abbildung 5: "Gutes" und "schlechtes" Ozon
(Quelle: Suhyb Salama, Universität Twente)

Bodennahes Ozon kann Atembeschwerden und sogar Lungenschäden verursachen, insbesondere bei Menschen, die bereits an Erkrankungen wie Asthma leiden.

Es ist wichtig, sich darüber im Klaren zu sein, dass es sich bei "gutem" Ozon in der oberen Atmosphäre und "schlechtem" Ozon in der unteren Atmosphäre um die gleiche Substanz handelt.

Die Messung von Ozon

Instrumente werden zur Messung von Ozon vom Boden aus (z. B. in Wetterstationen) und in der Luft, auf Flugzeugen, Ballons oder auf Satelliten installiert.

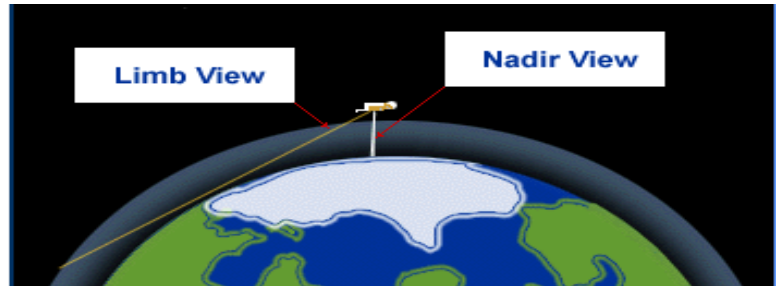


Abbildung 6: Nadir(Vertikal)-Ansicht versus Limbus(Horizontal)-Ansicht (Quelle: ESA)

Satelliten ermöglichen es mit UV-empfindlichen Kameras, jeden Tag Ozon über dem gesamten Globus zu messen. Je schwächer die UV-Strahlung ist, desto mehr Ozon befindet sich in der Atmosphäre.

Wenn die Kamera senkrecht nach unten gerichtet ist (Nadir-Ansicht s. Abb. 6), misst sie die Gesamtmenge des Ozons in der Atmosphäre. Diese wird in der Webanwendung *Klima aus dem Weltraum* als "Gesamt-Ozon" angezeigt. Bei einer Seitenansicht durch die Atmosphäre (Limbus-Ansicht s. Abb. 6), erhält man Informationen über die Ozonkonzentration in verschiedenen Höhen und somit ein Ozonprofil, mit dem wir "gutes" und "schlechtes" Ozon vergleichen können.

Das in der Atmosphäre vorhandene Ozon wird in Dobson-Einheiten gemessen. Bei 100 Dobson-Einheiten handelt es sich um eine Konzentration, die einer ein Millimeter dicken Ozonschicht an der Erdoberfläche bei Standardtemperatur und –druck entspricht. Diese Einheit wurde nach Gordon Dobson benannt, einem Forscher der Universität Oxford, der das erste Instrument (den Dobson-Spektrophotometer) zur Messung der Ozonkonzentration vom Boden aus entwickelte.

Das Ozonloch

Ingenieure erhielten im Jahr 1979 die ersten Daten mit Hilfe eines auf einem amerikanischen Satelliten installierten neuen Geräts. Der Sensor registrierte so niedrige Ozonwerte über der Antarktis, dass sie als Instrumentenfehler abgetan wurden. Wenig später veröffentlichte ein Team britischer Wissenschaftler an einer antarktischen Forschungsstation vom Boden aus gemessene Ergebnisse, die ähnliche Ozonwerte zeigten. Die niedrigen Werte, die von dem Satelliten aufgezeichnet wurden, waren demnach nicht falsch.

Das "Loch" in der Ozonschicht erregte schnell die Aufmerksamkeit der Medien und der politischen Entscheidungsträger, während Wissenschaftler versuchten, die Ursache dafür zu festzustellen. Sie identifizierten eine Gruppe von Gasen namens Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), die zu dieser Zeit weit verbreitet in Aerosolen, Feuerlöschern, Kühlschränken und Klimaanlage verwendet wurden. FCKW-Moleküle sind am Boden meist harmlos. Wenn sie jedoch von

Sonnenstrahlung getroffen werden, setzen sie hoch in der Atmosphäre Chloratome frei, von denen ein einziges viele Ozonmoleküle spalten kann. Die Ozonkonzentrationen sanken weltweit und aufgrund der Luftbewegungen um den Planeten war der Rückgang über der Antarktis besonders hoch.

Im Jahr 1987 wurden auf einer zwischenstaatlichen Konferenz in Montreal strenge Grenzwerte für FCKW-Emissionen vereinbart. Seitdem sind die Gase weitgehend durch sicherere Alternativen ersetzt worden und die Ozonschicht erholt sich. Aber dies ist ein langsamer Prozess. Denn die FCKW verbleiben sehr lange in der Atmosphäre, so dass die Ozonkonzentration voraussichtlich erst zwischen 2030 und 2060 wieder das Niveau von 1980 erreichen wird. Das Montrealer Protokoll ist ein erfolgreiches Beispiel dafür, wie satellitengestützte Klimadaten Informationen liefern können, welche die Grundlage für ein internationales Abkommen der Staats- und Regierungschefs zum Schutz der globalen Umwelt bilden.

Aktivität 1: WARUM IST OZON WICHTIG?

Die Geschichte, welche in dieser Aktivität erzählt wird, beschreibt Ozon als ein unsichtbares Gas vor, welches das Leben auf der Erde schützt, solange es sich hoch im Himmel befindet, aber der Gesundheit der Menschen schadet, wenn es in der Nähe des Bodens vorkommt. Sichere Leser*Innen können die Geschichte unter Umständen eigenständig als Vorbereitung für die Lektion lesen. Im Plenum können Sie Material aus der angelehnten Geschichte in der Webanwendung *Klima aus dem Weltraum* verwenden, um den Text zu ergänzen.

Hilfsmittel

- Informationsblatt 1
- SuS-Arbeitsblatt 1
- Webanwendung *Klima aus dem Weltraum* (Online-Ressource): *Ist Ozon gut oder schlecht?* Geschichte (optional)

Aktivität

1. Diskutieren Sie mit Ihren SuS, auf welche unterschiedliche Weise sie sich an verschiedenen Orten, wie zum Beispiel im Klassenzimmer und auf dem Spielplatz, verhalten. Erklären Sie Ihnen, dass sie eine Geschichte über ein Gas hören oder lesen werden, welches sich genauso verhält. Die SuS sollen gut zuhören und auf Textstellen achten, die darüber informieren, wo sich das Gas wie verhält.
2. Lesen Sie die Geschichte auf Informationsblatt 1 vor oder im Plenum und legen Sie dabei Pausen ein, um das Verständnis an geeigneten Stellen zu überprüfen. Sie könnten den Text mit Material aus der gleichnamigen Geschichte in der *Klima aus dem Weltraum* Webanwendung wie folgt illustrieren:
 - Das zweite Galeriebild auf Folie 2 zeigt die Sonne, wie wir sie sehen und wie sie aussehen würde, wenn wir ultraviolettes Licht sehen könnten.
 - Die Animation auf Folie 3 zeigt Ozon-Messungen. Dabei gilt es zu beachten, dass das "Loch" als unregelmäßiger dunkelblauer oder violetter Bereich (niedrige Konzentration) dargestellt wird. Die scharfkantigen Kreise, mit denen das Meer in Grau und die Antarktis in Weiß dargestellt werden, stehen für Zeiten und Orte, für die uns keine Daten zur Verfügung stehen (siehe nächstes Aufzählzeichen).
 - In dem Abschnitt von 0:18 bis 0:33 des Videos auf Folie 4 wird gezeigt, wie ein Satellit über mehrere Tage Informationen der gesamten Erde sammelt und aus welchem Grund es an den Polen eine Datenlücke gibt.
 - In dem nächsten Abschnitt dieses Videos (bis etwa 1:20) ist zu sehen, wie sich Ozon auf dem Planeten bewegt. Dies kann hilfreich sein, wenn die SuS fragen, warum Ozonemissionen auch Probleme an einem Ort verursachen, an dem wenig Menschen leben und niemand einen Kühlschrank besitzt.
 - Das erste Galeriebild auf Folie 5 stellt einen Schnitt durch die Atmosphäre da, welcher das Ozon in Blau zeigt. Bei einem schnellen Wechsel zu Aktivität 3, ist es eventuell besser, dies nicht in der Farbe zu zeigen, die zur Darstellung des Ozons verwendet wird. Denn diese Darstellung entspricht dem Bild, das in der Webanwendung eine recht geringe Konzentration veranschaulicht.

3. Bitten die SuS, die Tabelle auf SuS-Arbeitsblatt 1 auszufüllen, wobei sie eigenständig oder zusammen in Gruppen arbeiten können. Diejenigen, die mit der Bearbeitung dieser Aufgabe schnell fertig sind, könnten eine oder mehrere der folgenden Aufgaben lösen:
 - Die Durchführung einer Zusatzberechnung
 - Erstellung einer Liste mit anderen Fakten aus der Geschichte, an welche die SuS sich erinnern, und/oder mit Sachverhalten zu denen es noch Fragen gibt
 - Das Suchen im Text nach Informationen zu weiteren Verständnisfragen wie zum Beispiel: Wodurch wurde das Loch in der Ozonschicht über der Antarktis verursacht? Welche Maßnahmen haben die Menschen ergriffen, um es zu schließen? Auf welche Art und Weise messen Satelliten das Ozon in der Atmosphäre?
4. Überprüfen Sie gemeinsam mit Ihrer Klasse die Annahmen, welche die SuS in der Tabelle festgehalten haben, und besprechen Sie alle zusätzlichen, fehlenden oder nicht korrekten Punkte. Sie könnten die Diskussion beenden, indem Sie die SuS darüber abstimmen lassen, ob sie der Auffassung sind, dass Ozon mehr gut als schlecht oder mehr schlecht als gut ist. Regen Sie einige von ihnen dazu an, ihre Argumente zu formulieren.

Arbeitsblattantworten

Ist Ozon gut oder schlecht?

| | Ozon hoch in der Atmosphäre | Ozon in der Nähe des Bodens |
|------------------------|---|---|
| Unterschiede | gut natürlich entstanden schützt uns vor UV-Strahlung | schlecht durch Verschmutzung entstanden verursacht Lungenprobleme |
| Gemeinsamkeiten | gleiches Gas kann von Satelliten gemessen werden | |

Das Messen von Ozon

300 Dobson-Einheiten entsprechen einer 3 mm dicken Ozonschicht an der Erdoberfläche.

Aktivität 2: WIE GUT WIRKT MEIN SONNENSCHUTZMITTEL?

Ein Experiment mit UV-sensitiven Kügelchen zur Untersuchung der Schutzwirkung von Sonnenschutzmitteln vor schädlicher UV-Strahlung

Arbeitsmaterial

- Es werden UV-empfindliche Perlen (Kügelchen), vorzugsweise in lila oder dunkelrosa, da diese eine klarere Farbpalette ergeben, verwendet. Jede Gruppe erhält 5 bis 6 Perlen. Verschiedene Gruppen können Perlen mit unterschiedlichen Farben verwenden. Alle Perlen, die innerhalb einer Gruppe benutzt werden, sollten jedoch dieselbe Farbe besitzen.
- Eine Petrischale oder ein anderes flaches offenes Gefäß pro Gruppe
- Eine UV-Taschenlampe pro Gruppe (optional)*
- Buntstifte mit der gleichen Farbe wie die Perlen – ein Stift pro SuS
- Eine Auswahl an wasserfesten Sonnenschutzmitteln mit unterschiedlichen Lichtschutzfaktoren (z. B. LSF 20, 30 und 50). Jede Gruppe benötigt eine kleine Menge eines Typs in einem kleinen Gefäß (z. B. Salbentopf, Eierbecher)
- Ein Becher gefüllt mit Wasser pro Gruppe
- Ein Permanentmarker der Marke *Sharpie* oder einer anderen Marke – siehe Vorbereitung unten
- Eine Schnur und Klebeetikette (optional) – s. Vorbereitung unten
- Handtücher zum Trocknen der Hände und zum Aufnehmen von verschütteten Flüssigkeiten
- Eine Kopie des SuS-Arbeitsblattes 2 - pro Schüler 2 Seiten, eventuell mit Reservekopien für den Fall, dass etwas verschüttet wird

*Mit UV-Taschenlampen (Schwarzlicht) kann das Experiment in Innenräumen und bei schlechtem Wetter durchgeführt werden. Die Lichtmenge, welcher die Perlen ausgesetzt sind, kann damit kontrolliert werden. Sie besitzen in der Regel eine zu geringe Leistung, um das Augenlicht zu schädigen, und sind daher sicher bei der Anwendung. Überprüfen Sie jedoch die Packungsbeilage des Herstellers und geben Sie die u. a. Sicherheitshinweise. Die Verwendung dieser Geräte erhöhen die Kosten des Experiments und sind weniger realitätsnah. Deshalb wäre es günstiger, das Experiment, wann immer dies möglich ist, bei natürlichem Licht durchzuführen.

Vorbereitung

Jede Gruppe muss in der Lage sein, die einzelnen Perlen zu identifizieren. Es besteht die Möglichkeit nummerierte Segmente auf die zu verwendenden Schalen zu markieren oder jede Perle auf ein Stück Schnur zu fädeln und Klebeetikette für die Nummern zu verwenden (s. Abb. 7 im Abschnitt mit den Beispielergebnissen). Die letztgenannte Methode erleichtert den SuS die Handhabung der Perlen.

Gesundheit und Sicherheit

Es ist darauf zu achten, dass die SuS bei Aktivitäten im Freien durch das Tragen einer Kopfbedeckung und durch Sonnenschutzmittel vor Sonnenstrahlung geschützt sind.

Weisen Sie die SuS darauf hin, nichts in den Mund zu nehmen. Wichtig! Weisen Sie sie auch darauf hin, nicht ihre Finger in den Mund zu nehmen!

Die SuS sollten es vermeiden direkt in die Sonne zu blicken oder sich gegenseitig mit UV-Taschenlampen anzustrahlen.

Erkundigen Sie sich vorher bei den Eltern, ob ihr Kind allergisch gegen eine bestimmte Marke oder einen Inhaltsstoff eines Sonnenschutzmittels ist. Wählen und verteilen Sie die Proben dann entsprechend.

Material zum Aufnehmen von verschütteten Flüssigkeiten muss bereit stehen.

Aktivität

1. Verteilen Sie die UV-Perlen und bitten Sie die SuS, sie nach draußen zu bringen, um zu beobachten, was passiert. Zur Platzierung der Perlen kann eine sonnige Fensterbank ausreichen. Lassen sie die SuS beobachten, wie lange es an diesem Tag dauert, bis die Perlen eine starke Farbe entwickeln?
2. Erklären Sie, dass sich durch das UV-Licht der Sonne die Farbe der Perlen verändert, in der gleichen Art und Weise wie es unsere Haut bräunt oder verbrennen kann. Mit den Perlen geschieht dies allerdings viel schneller. Die Farben können zum Erstellen einer Skala verwendet werden und um zu messen, wie viel UV-Licht einen bestimmten Ort erreicht. Bitten Sie die SuS die Anweisungen am Anfang von SuS-Arbeitsblatt 2.1 zur Erstellung einer Farbskala zu befolgen.
3. Beauftragen Sie die SuS das Experiment zu skizzieren. Sie werden diese Perlen verwenden, um verschiedene Arten von Sonnenschutzmitteln zu vergleichen. Wie gut halten sie? Welcher Typ bietet den besten Schutz?
4. Verteilen Sie die Töpfchen mit dem Sonnenschutzmittel und die Becher mit dem Wasser. Je nach Alter und Fähigkeiten der SuS können Sie sie durch die Anweisungen leiten, oder sie die Aktivitäten eigenständig mit Hilfe der Informationen unten auf SuS-Arbeitsblatt 2.1 durchführen lassen. Die leere Zeile ist für die SuS vorgesehen, die selbst eine Versuchsanordnung erstellen. (Bei den in Abb. 7 angeführten Beispielergebnissen wurde die Perle 6 mit Sonnenschutzmittel bedeckt, schwimmend im Wasser gelassen und später entsprechend der Benutzung eines Handtuchs nach dem Schwimmen abgewischt).
5. Während die SuS ihren Perlensatz liegend in der Sonne belassen, besprechen Sie, wie das Experiment reale Situationen modelliert. Bitten Sie sie, die Aufgabe unten auf SuS-Arbeitsblatt 2.1 zu bearbeiten, indem sie Pfeile zeichnen, um jeden Aufbau mit einer entsprechenden Beschreibung zu verbinden. Wenn noch genug Zeit bleibt, können Sie auch das Konzept der Kontrolle zusammen mit den SuS besprechen.

6. Wenn die Perlen lange genug in der Sonne gelegen haben und zwar so lange bis Perle 1 sich so dunkel wie möglich verfärbt hat, bitten Sie die SuS, die Farbe jeder Perle zu beurteilen und in der Ergebnistabelle auf dem SuS-Arbeitsblatt 2.2 festzuhalten. Sie sollten dann die Anleitung auf dem Arbeitsblatt verwenden, um eine Schlussfolgerung zu formulieren. Es kann eine Diskussion darüber angestoßen werden, wann man behaupten kann, dass ein Sonnenschutzmittel gut funktioniert.
7. Kombinieren Sie die Gruppen oder sammeln Sie die Ergebnisse der gesamten Klasse, damit die SuS ihre Ergebnisse mit denen anderer Gruppen vergleichen können, die ein anderes Sonnenschutzmittel verwendet haben. Fragen Sie, warum es wichtig ist, Perlen zu vergleichen, die auf die gleiche Weise behandelt wurden, wenn sie die zweite Tabelle ausfüllen. Sie können die SuS dazu auffordern, ein entsprechendes Diagramm ihrer Ergebnisse und/oder der kombinierten Ergebnisse zu erstellen, in welchem der LSF gegenüber einer Nummer in der Farbskala aufgeführt wird.
8. Der letzte Abschnitt des SuS-Arbeitsblatts 2.2 enthält Fragen, welche die Grundlage für eine Diskussion innerhalb der gesamten Klasse bilden können. Sie könnten den Lernerfolg bewerten, indem Sie die SuS auffordern, ein Merkblatt zum Sonnenschutz zu produzieren, welches die Ergebnisse ihrer Untersuchung als Grundlage zur Beratung der Menschen bei der richtigen Auswahl des Sonnenschutzmittels und dessen Verwendung, dienlich sein kann.

Probeergebnisse

Erstellen einer Farbskala

Ein Beispiel für eine ausgefüllte Farbskala befindet sich auf dem SuS-Arbeitsblatt 2.1.

Vorbereitung Eures Experiments

| Perle | Durchführung | Zustand der Perle |
|-------|--|---|
| 1 | keine (dies ist die Steuerung) | wie ich, wenn ich eine Weile draußen gesessen habe (die Sonnencreme ist ein wenig abgetragen) |
| 2 | bedeckt sie mit Sonnenschutzmittel | ich ohne Sonnenschutzmittel |
| 3 | bedeckt sie mit Sonnenschutzmittel u. taucht sie 1 Sekunde lang ins Wasser | ich nach dem Schwimmen |
| 4 | bedeckt sie mit Sonnenschutzmittel u. taucht sie 5 Sekunden lang in das Wasser | wie ich, wenn ich in der Sonne herumgelaufen bin und dabei etwas geschwitzt habe! |
| 5 | bedeckt sie mit Sonnenschutzmittel u. schwenkt sie 5 Sekunden lang im Wasser herum | ich mit Sonnenschutzmittel |
| 6 | <i>Die Beschreibung der Schüler, was sie getan haben</i> | <i>Die Beschreibung der Schüler, was ihre Handlungen darstellen</i> |

Ergebnisse

Die nachstehenden Ergebnisse wurden mit violetten UV-Perlen erzielt, die etwa 30 s lang dem Licht einer UV-Taschenlampe ausgesetzt waren. (Die Perlen benötigen möglicherweise mehrere Minuten, um bei schwachem Sonnenlicht ähnliche Farben zu entwickeln). Das verwendete Sonnenschutzmittel besaß LSF 15 und war nominell wasserfest. Perle 6 wurde mit Sonnenschutzmittel bedeckt, im Wasser geschwenkt und dann abgewischt, was der Verwendung eines Handtuchs nach dem Schwimmen gleichkommt.

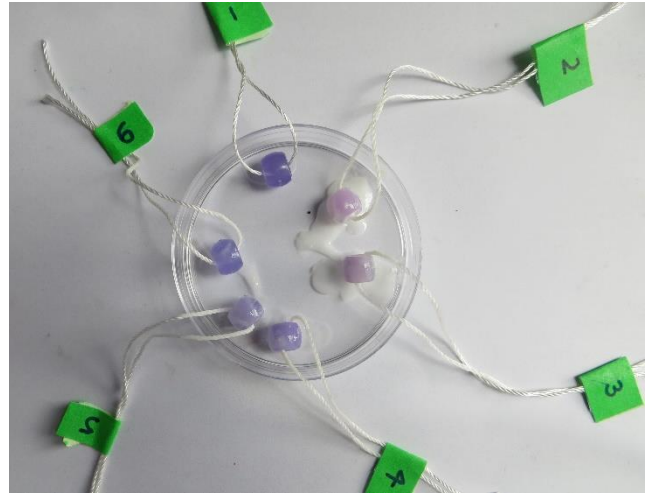


Abbildung 7: Zwei verschiedene Methoden zur Beschriftung von UV-empfindlichen Beads (Quelle: ESA CCI)

| Perle | Durchführung | Farbskala- Nummer |
|-------|--|----------------------|
| 1 | keine (dies ist die Steuerung) | 10 |
| 2 | mit Sonnenschutzmittel bedeckt | 2 |
| 3 | mit Sonnenschutzmittel bedeckt u. 1 Sekunde lang ins Wasser getaucht | 4 |
| 4 | mit Sonnenschutzmittel bedeckt u. 5 Sekunden ins Wasser getaucht | 5 |
| 5 | mit Sonnencreme bedeckt u. 5 Sekunden lang im Wasser herumgeschwenkt | 6 |
| 6 | mit Sonnenschutzmittel bedeckt u. 5 Sekunden lang im Wasser herumgeschwenkt und abgewischt | 8 |

Schlussfolgerungen

Die Antworten auf diese Fragen werden von den Kriterien abhängig sein, was die SuS als "gut funktionierend" einstufen.

Die Messung wäre verhältnismäßig, wenn die Perlen 4 und 5 eine relativ niedrige Zahl aufweisen, weil dies bedeutete, dass das Sonnenschutzmittel nach einiger Zeit im "Wasserbad" wahrscheinlich Schutz böte.

Bei Erörterung dieser Schlussfolgerungen sollte, auf die Notwendigkeit hingewiesen werden, Sonnenschutzmittel wiederholt in regelmäßigen Abständen aufzutragen, besonders dann, wenn man sich bewegt und schwitzt oder sich nach dem Schwimmen abtrocknet.

Die SuS können ein zusätzliches Experiment durchführen, um zu testen, wie lange der Schutz anhält, indem sie die Perlen in Abständen von zum Beispiel einer Stunde erneut belichten und die Farbe, ohne weiteren Sonnenschutz aufzutragen, aufzeichnen. Beachten Sie, wenn Sie die Ergebnisse einer derartigen Untersuchung besprechen, dass die Perlen nicht so porös sind wie die Haut.

Vergleich der LSFn

Die hier gezeigten Ergebnisse stellen einen Vergleich von Perle 4 bei der Verwendung von drei verschiedenen Sonnenschutzmitteln dar und geben einige Hinweise darauf, dass ein höherer LSF mehr Schutz bietet. Es scheint jedoch keinen Unterschied zwischen LSF 30 und LSF 50 erkennbar zu sein.

| LSF | Farbskala- Nummer |
|-----|----------------------|
| 15 | 5 |
| 30 | 4 |
| 50 | 4 |

Bei der Verwendung von nur drei Arten von Sonnenschutzmitteln, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass jedes dieser Mittel von mehreren Gruppen getestet wurde. Durch die Mittelung der Ergebnisse aller Gruppen, die LSF 15, 30 u. 50 bei der Testung verwendet haben, können möglicherweise aussagekräftigere Ergebnisse erzielt werden.

Dessen ungeachtet kann die Diskussion über mögliche Gründe dafür, wie zum Beispiel die Verwendung von unterschiedlichen Mengen an Sonnenschutzmittel, die von verschiedenen Gruppen aufgetragen wurden sowie unterschiedliche Arten der Messung von 5 Sekunden, die Variation der Farbskala zwischen den Gruppen oder die Verwendung unterschiedlicher Perlen, zu einer fruchtbaren Bewertung der verwendeten Methode und möglicherweise zu Vorschlägen zur Verbesserung der Durchführung des Experiments in der Zukunft führen.

Aktivität 3: DAS OZONLOCH

Bei dieser Aktivität verwenden die Schüler die Webanwendung *Klima aus dem Weltraum*, um Satellitenmessungen von Ozon, welche im Laufe der Zeit auf der ganzen Welt durchgeführt wurden und die Veränderungen des antarktischen Ozonlochs während der letzten zwei Jahrzehnte zu untersuchen.

Arbeitsmaterial

- Internetzugang
- Webanwendung *Klima aus dem Weltraum*
- SuS-Arbeitsblatt 3
- Informationsblatt 3 in Farbe (kann eines pro SuS-Paar sein)
- Präsentationssoftware wie z. B. PowerPoint

Aktivität

1. Wiederholen Sie, welche Rolle Ozon in der Atmosphäre spielt. Sie könnten dies tun, indem Sie Ihren SuS Fragen zu Ihrem erworbenen Wissen aus früheren Aktivitäten stellen. Vielleicht möchten Sie das ESA-Video *Monitoring Ozone* (2:38 – s. Links) zeigen, obwohl es keine Erzählung enthält und aufgrund der detaillierten Untertitel für jüngere oder weniger befähigte Gruppen ungeeignet sein könnte.
2. Bitten Sie die SuS, die Webanwendung *Klima aus dem Weltraum* zu öffnen und zur Ozon-Datenschicht zu navigieren. Erklären Sie, was die Farben in der Visualisierung bedeuten: Blau bedeutet weniger Ozon; Orange bedeutet mehr Ozon (s. Abb. 8). Beachten Sie, dass diese Farbskala sich etwas von der auf den Bildern auf Informationsblatt 3 unterscheidet. Sie können auch die Dobson-Einheit einführen, falls die SuS sich in Übung 1 noch nicht damit vertraut gemacht haben sollten.
3. Geben Sie den SuS etwas Zeit, um die Ozondaten zu untersuchen. Die Webanwendung *Klima aus dem Weltraum* ist recht selbsterklärend. Aber eventuell möchten Sie die benötigte Datenschicht anzeigen und/oder die Bedienelemente demonstrieren.
4. Bitten Sie die SuS, die Fragen auf dem SuS-Arbeitsblatt 3 mit Hilfe der Informationen aus der Webanwendung und/oder dem Informationsblatt 3 zu beantworten. Möglicherweise wird es nötig sein zusätzlich auf eine Online-Karte oder einen Atlas zuzugreifen, um die Orte mit hohen und niedrigen Ozonkonzentrationen zu identifizieren bzw. benennen zu können.
5. Beauftragen Sie jeden SuS oder jedes SuS-Paar eine der Fragen am Ende des SuS-Arbeitsblatts 3.1 zu beantworten und online zu recherchieren. Alternativ können Sie den SuS anbieten, eine

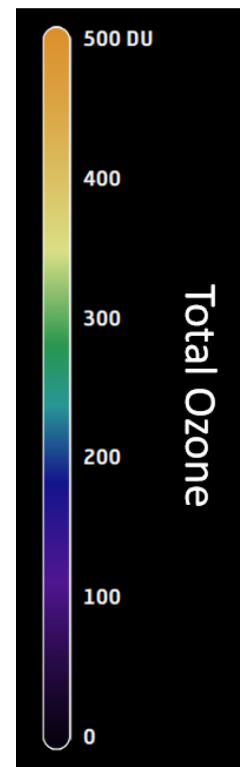


Abbildung 8:
Gesamtozon-Farbskala
(Quelle: ESA CCI)

dieser Fragen oder eine ähnliche Frage selbst zu wählen. Die Recherche kann innerhalb der gesamten Klasse oder als Hausaufgabe durchgeführt werden.

6. Fordern Sie die SuS auf, ihre Ergebnisse im Plenum mit einer einzigen Folie und/oder einer begrenzten Textmenge, von ca. hundert Wörtern, zu präsentieren.

Arbeitsblattantworten

Ozonwerte auf der ganzen Welt

Es gibt viele mögliche Antworten, aber einige Beispiele sind unten aufgeführt.

Hohe Ozonkonzentrationen: April 1998, Europa, > 400 DU; März 2001, Japan, > 400 DU; März 2007, Alaska, > 400 DU

Niedrige Ozon-Konzentrationen: Oktober 1997, Antarktis, < 100 DU; Dezember 2001, Pazifischer Ozean, 100 DU; November 2011, Antarktis, 100 DU

Ozon über der Antarktis

Das antarktische Ozonloch war Ende der 1990er und Anfang der 2000er Jahre am größten.

Die Beobachtungen zeigen eine kontinuierliche Erholung ab etwa 2010.

Wissen erweitern

Die SuS können die vorgegebenen Fragen in Bezug auf eine Vielzahl von Richtungen stellen oder ihre eigenen Fragen zur Recherche entwickeln. Die unten aufgeführten Anmerkungen enthalten einige Schlüsselpunkte und geben Hinweise, an welcher Stelle die SuS beginnen können, falls sie mit einer der vorgeschlagenen Fragen nicht weiterkommen.

- **Gibt es ein Ozonloch über dem Nordpol?**

In der Ozonschicht über dem Nordpol gibt es nicht sehr häufig ein Loch. Allerdings zeigten Satellitendaten im März 2020 einen ungewöhnlichen Rückgang der Ozonwerte nach einem Winter über der Arktis, in dem kalte Luft in einem "Polarwirbel" eingeschlossen war. Siehe z. B. esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Unusual_ozone_hole_opens_over_the_Arctic

- **Was sind FCKWs?**

FCKW sind Fluorchlorkohlenwasserstoffe, eine Gruppe von ungiftigen, nicht brennbaren Chemikalien, die Atome von Kohlenstoff, Chlor und Fluor enthalten. Sie werden bei der Herstellung von Aerosolsprays, Treibmitteln für Schaumstoffe und Verpackungsmaterialien, als Lösungsmittel und als Kältemittel verwendet. Siehe z. B.: esrl.noaa.gov/gmd/hats/publicity/elkins/cfcs.html

- **Was ist das Montrealer Protokoll?**

Das Montreal-Protokoll ist ein internationales Abkommen, in dem vereinbart wurde, die Verwendung von Stoffen (meist FCKW), die für den Abbau der Ozonschicht verantwortlich sind, auslaufen zu lassen. Siehe z. B. de.wikipedia.org/wiki/Montreal_Protokoll

- **Welche ESA-Satelliten tragen Instrumente, die Ozon messen können?**

| <i>Satellit</i> | <i>Gerät</i> | <i>Einführungsdatum</i> |
|-----------------|--------------|-------------------------|
| ERS-2 | GOME | 1995 |
| Envisat | MIPAS | 2002 |
| Envisat | GOMOS | 2002 |
| Envisat | SCIAMACHY | 2002 |
| Sentinel-5 | TROPOMI | 2017 |

Arbeitsblatt 1: WARUM IST OZON WICHTIG?

Ist Ozon gut oder schlecht?

Verwendet die Ideen aus der Geschichte zum Ausfüllen der Tabelle.

| | Ozon hoch in der Atmosphäre | Ozon in der Nähe des Bodens |
|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Unterschiede | | |
| Gemeinsamkeiten | | |

Das Messen von Ozon

Das Ozon wird in **Dobson-Einheiten** gemessen. Eine Dobson-Einheit entspricht einer $\frac{1}{100}$ mm Ozonschicht Dicke nahe der Erdoberfläche. Die durchschnittliche Ozonkonzentration in der Atmosphäre beträgt 300 Dobson-Einheiten. Wie dick wäre die Schicht, wenn all dieses Ozon sich in der Nähe des Bodens befände?

Arbeitsblatt 2: WIE GUT IST MEIN SONNENSCHUTZMITTEL?

Ihr benötigt

- 6 UV-empfindliche Perlen
- Sonnenschutzmittel
- Ein Becher mit Wasser
- Eine Farbskala

Erstellen einer Farbskala

Ihr benötigt eine Skala wie diese, damit Ihr die Farbe Eurer Perlen vergleichen könnt.

| | | | | | | | | | | |
|---------------|---|---|---|---|---|---------------|---|---|---|----|
| kein UV-Licht | | | | | | viel UV-Licht | | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | | |

Färbt dieses Feld ein, um die dunkelste Farbe Eurer Perle anzuzeigen.

| | | | | | | | | | | |
|---------------|---|---|---|---|---|---------------|---|---|---|----|
| kein UV-Licht | | | | | | viel UV-Licht | | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | | |

Lasst dieses Kästchen weiß, um die Farbe der Perle zu zeigen, falls sie eine Zeit lang im Dunkeln oder in einem Raum gelegen hat. Schattiert die Kästchen dazwischen von hell bis dunkel, um Eure Skala zu erstellen.

Vorbereitung Eures Experiments

Zeichnet Pfeile ausgehend von jeder Perle in Richtung des Feldes, welches am passendsten beschreibt, welchen Zustand sie darstellt. Der Pfeil für Perle 3 wurde bereits für Euch eingezeichnet.

| Perle | Durchführung |
|-------|---|
| 1 | keine (dies ist die Steuerung) |
| 2 | mit Sonnenschutzmittel bedeckt |
| 3 | mit Sonnenschutzmittel bedeckt u. 1 Sekunde lang ins Wasser getaucht |
| 4 | mit Sonnenschutzmittel bedeckt u. 5 Sekunden lang ins Wasser getaucht |

| Zustand der Perle |
|---|
| wie ich, wenn ich eine Weile draußen gesessen habe (die Sonnencreme ist ein wenig abgetragen) |
| ich ohne Sonnenschutzmittel |
| ich nach dem Schwimmen |
| wie ich, wenn ich in der Sonne herumgelaufen bin und dabei etwas geschwitzt habe |

Gesundheit und Sicherheit

- Tragt eine Kopfbedeckung und benutzt Sonnenschutzmittel, falls Ihr Euch an einem sonnigen Tag im Freien aufhaltet.
- Probiert nichts. Haltet Eure Hände vom Mund fern.
- Wascht Euch die Hände, nachdem Ihr die Durchführung mit der Verwendung von Sonnenschutzmitteln beendet habt.
- Schaut nicht direkt in die Sonne.

| | |
|---|---|
| 5 | mit Sonnenschutzmittel bedeckt u. 5 Sekunden lang im Wasser herumgeschwenkt |
| 6 | |

| |
|----------------------------|
| ich mit Sonnenschutzmittel |
| |

Ergebnisse

Welches Sonnenschutzmittel habt Ihr verwendet? LSF _____ Typ

| Perle | Durchführung | Farbskala-Nummer |
|-------|---|------------------|
| 1 | keine (dies ist die Steuerung) | |
| 2 | mit Sonnenschutzmittel bedeckt | |
| 3 | mit Sonnenschutzmittel bedeckt u. 1 Sekunde lang ins Wasser getaucht | |
| 4 | mit Sonnenschutzmittel bedeckt u. 5 Sekunden lang ins Wasser getaucht | |
| 5 | mit Sonnenschutzmittel bedeckt u. 5 Sekunden lang im Wasser herumgeschwenkt | |
| 6 | | |

Schlussfolgerung

Denk Ihr, dass die getestete Sonnencreme gut funktioniert hat?

Warum denkt Ihr das? _____

Vergleich der Lichtschutzfaktoren (LSFn)

Vergleicht nun Eure Ergebnisse mit denen der anderen Gruppen. Ihr müsst sicherstellen, dass Ihr die Ergebnisse für Perlen verwendet, die auf die gleiche Weise behandelt wurden.

Vergleicht die Ergebnisse für die Perlennummer

_____.

Tragt die LSFn und die Farbnummern in diese Tabelle ein.

Was sagt Euch diese Tabelle über den LSF auf einer Flasche Sonnenschutzmittel?

Überrascht Euch eines der Ergebnisse? Warum (oder warum nicht)?

| LSF | Farbskala- Nummer |
|-----|----------------------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Arbeitsblatt 3: DAS OZON-LOCH

Ruft die Webanwendung *Klima aus dem Weltraum* (cfs.climate.esa.int) auf.

Klickt auf das Symbol DATENEbenen (oben rechts) und wählt dann OZON aus der Liste.

Lasst die Animation mehrmals abspielen, um zu überprüfen, ob Ihr versteht, wie die Bedienelemente auf dem Bildschirm Euch unterstützen, bestimmte Stellen oder Zeiten genauer zu betrachten.

Ozonwerte auf der ganzen Welt

Die Ozonmenge in der Atmosphäre ändert sich mit der Zeit und ist an verschiedenen Orten unterschiedlich.

Navigiert durch die Animation und betrachtet dabei den gesamten Globus, bis Ihr einen Ort und eine Zeit findet, an dem und zu der die Ozonwerte sehr hoch waren.

Datum _____

Ort _____

Geschätztes Gesamt-Ozon _____ Dobson-Einheiten

Sucht nun einen Ort und einen Zeitpunkt, an dem der Ozonwert sehr niedrig war.

Datum _____

Ort _____

Geschätztes Gesamt-Ozon _____ Dobson-Einheiten

Ozon in der Antarktis

In den 80er Jahren entdeckten Wissenschaftler, dass die Atmosphäre über der Antarktis sehr wenig Ozon enthielt. Die Bilder auf Informationsblatt 3 zeigen hier die Ozonwerte von 1996 bis 2012. Verwendet diese Daten und/oder die Webanwendung *Klima aus dem Weltraum*, um herauszufinden, wann das Ozonloch in der Antarktis:

am größten war _____

sich zu erholen begann

Wissen erweitern

Recherchiert im Internet über Ozon in der Atmosphäre.

Ihr könnt dabei einer oder mehreren der folgenden Fragen nachgehen:

- Gibt es ein Ozonloch über dem Nordpol?
- Was sind FCKWs?
- Was ist das Montrealer Protokoll?
- Welche ESA-Satelliten tragen Instrumente, die Ozon messen können?

Bereitet Euch darauf vor, den anderen TeilnehmerInnen in Eurer Klasse Eure Ergebnisse zu präsentieren.

Informationsblatt 1: IST OZON GUT ODER SCHLECHT?

Ben lebt mit seinen Eltern auf einer Farm in Australien. Jeden Morgen stehen seine Eltern solange es draußen noch kühl ist um vier Uhr auf, um die Kühe zu melken. Bens Schulbus kommt erst um acht, wodurch ihm noch genügend Zeit zum Ausschlafen bleibt. Er braucht weder seine Eltern noch einen Wecker um rechtzeitig aufzustehen. Die helle Sonne, die in sein Zimmer scheint, kitzelt ihn wach. Nach dem Frühstück rennt Ben nach draußen, um auf seinen Bus zu warten.

Seine Mutter ist auf dem Hof. „Hast du deine Sonnencreme aufgetragen?“, ruft sie.

"Ja, Mum!", antwortet er genervt.

Aber er sagt nicht die Wahrheit.

Als Ben am Nachmittag nach Hause kommt, weint er. „Mein Gesicht tut weh!“, sagt er. Er hat einen Sonnenbrand.

Seine Mutter ist verständnisvoll, aber sie ärgert sich auch. „Hast du dich heute Morgen mit Sonnencreme eingecremt?“, fragt sie streng.

„Nein, habe ich nicht“, gibt Ben zu.

Während des Abendessens ist sein Gesicht immer noch rot und wund. Somit beschließt er, herauszufinden, wie die Sonne seine Haut verbrannt hat.

Es stellt sich heraus, dass es eine Art von Sonnenlicht gibt, das wir mit unseren Augen nicht sehen können, welches aber sehr stark ist und zwar stark genug, um uns zu verbrennen. Man nennt es ultraviolettes Licht, oder kurz UV-Licht.

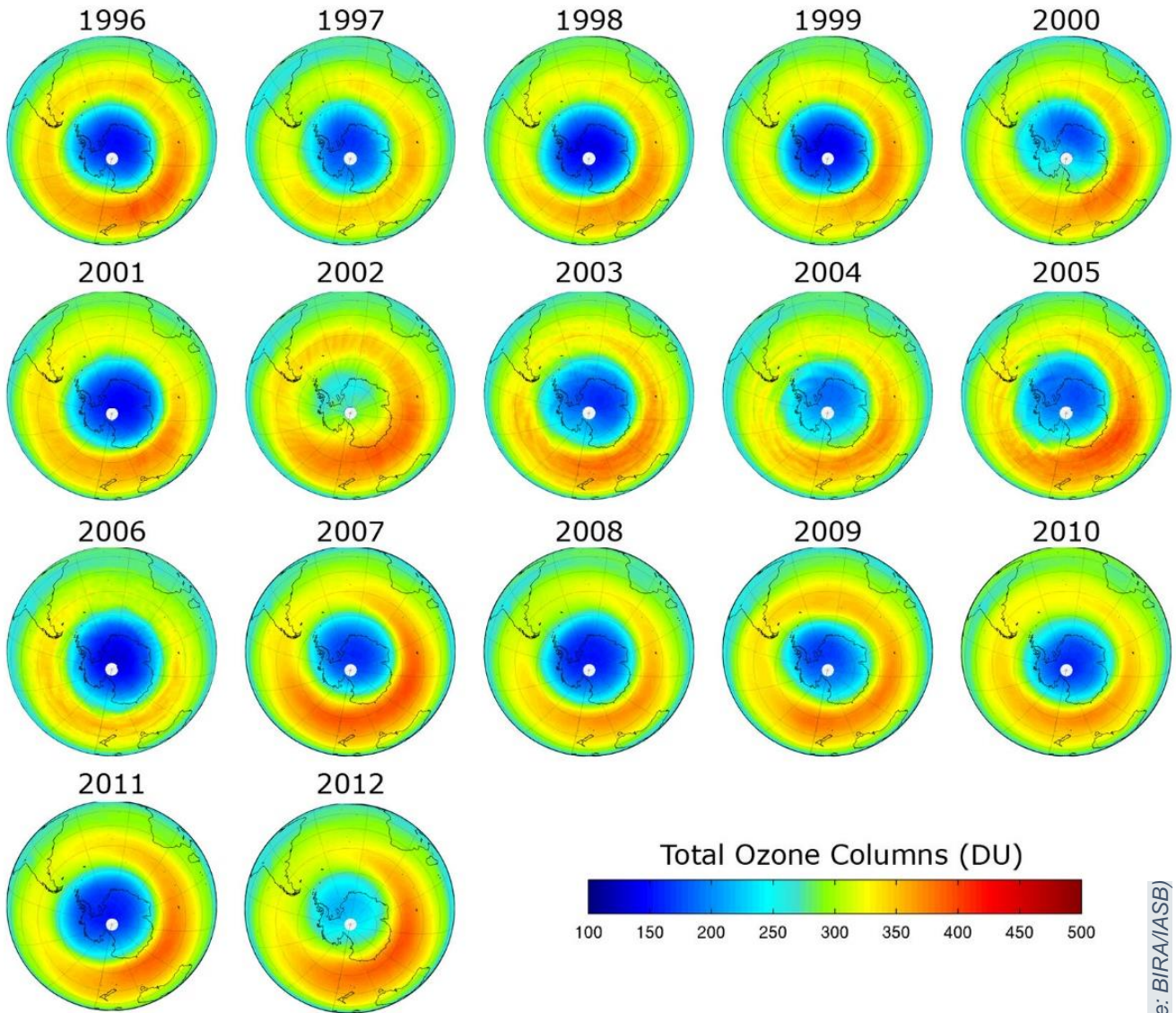
Die Atmosphäre um unseren Planeten enthält ein Gas, welches als Ozon bezeichnet wird. Eine Ozonschicht hoch oben am Himmel nimmt ultraviolettes Licht auf und wandelt es in Wärme um, wodurch wir von den schädlichsten Auswirkungen des ultravioletten Lichts abgeschirmt werden. Ben findet jedoch auch heraus, dass durch Luftverschmutzung Ozon weiter unten in der Atmosphäre erzeugt wird. Wenn sich Ozon in der Nähe des Bodens befindet, schützt es uns nicht. Es kann tatsächlich sogar unsere Lungen schädigen.

Vor fast hundert Jahren begannen die Menschen, Gase namens Fluorkohlenwasserstoffe (FCKW) in Kühlschränken und Spraydosen zu verwenden. Aber dann zeigten Satelliten, dass es ein Loch in der Ozonschicht über der Antarktis gab, und die Wissenschaftler erkannten, dass die FCKW das Ozon zerstörten. Die Staats- und Regierungschefs aus aller Welt waren schockiert über diese Nachricht und beschlossen, die FCKW nicht weiter zu verwenden. Aber die FCKW halten sich lange, und obwohl das Loch seit dem Jahr 2000 schrumpft, wird es noch viele Jahre dauern, bis es sich schließt.

Ben interessiert sich sehr für Satelliten und fragt sich, wie sie sie Ozon sehen können. Er entdeckt, dass einige Satelliten Ultraviolett-Kameras besitzen, die messen können, wie viel Ozon es am Himmel gibt und in welcher Höhe es sich befindet. Diese Kameras können den Unterschied zwischen "gutem" und "schlechtem" Ozon erkennen.

Jetzt, wo Ben über das Ozonloch Bescheid weiß, wird er nie wieder vergessen, Sonnenschutzmittel aufzutragen.

Informationsblatt 2: DAS OZONENLOCH



(Quelle: BIRA/IASB)

Links

ESA-Quellen

Webanwendung *Klima aus dem Weltraum* (Online-Ressource)

<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

Video zur Ozonüberwachung

http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2017/11/Monitoring_ozone

ESA-Raumfahrtprojekte

ESA-Klimabehörde

<https://climate.esa.int/>

Raum für unser Klima

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

Erforscher der Erde

http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers

Kopernikus Wächter

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4

Kopernikus Sentinel-5P - TROPOMI

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Copernicus_Sentinel-5P_ozone_boosts_daily_forecasts

Zusätzliche Informationen

Das Ozonloch schließt sich langsam

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Ozone_hole_set_to_close

Die Erde aus dem Weltraum, Videos

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

Anhang: HAST DU DAS GEWUSST?

Hier befindet sich eine Auswahl interessanter Fakten zum Thema, welche Sie auf verschiedene Weise nutzen können. Sie könnten eine Lektion mit einem von ihnen einleiten, Karten über Karten legen, um Präsentationen von SUS-Arbeiten hinzuzufügen, einen Punkt als Anlass für eine Diskussion auswählen und die Aussagen in einem "richtig/falsch-Quiz" verwenden...

- Es gibt eine Reihe von Treibhausgasen in der Atmosphäre, die ausschließlich vom Menschen verursacht wurden.
- In Bodennähe auftretendes Ozon ist der Hauptbestandteil von Smog, der durch chemische Reaktionen von Schadstoffen mit Gasen in der Luft entsteht.
- Im Jahr 1920 entwickelte Gordon Dobson, ein Forscher der Universität Oxford, als erster ein Instrument, um die Ozonkonzentration vom Boden aus zu messen.
- Wir brauchen etwas ultraviolettes Licht, um gesund zu bleiben: Unser Körper nutzt es, um Vitamin D zu produzieren.
- UVB ist schädlicher als UVA.
- Sonnenschutzmittel haben verschiedene Lichtschutzfaktoren (LSFn), aber man sollte darauf achten, eines zu kaufen, das vor UVA und UVB schützt.
- Die Ozonschicht absorbiert das gesamte UVC der Sonne, das unseren Planeten erreicht, aber Schweißbrenner erzeugen es auf der Erde.
- Viele Erdbeobachtungssatelliten befinden sich in solchen Umlaufbahnen, von denen aus sie keine Messungen direkt über dem Nord- oder Südpol vornehmen können, obwohl sie überall sonst auf der Erde "sehen" können.