

teach with space

→ UNTERSUCHUNG DER LUFTVERSCHMUTZUNG

Mini-Fallstudie für Klimadetektive



→ UNTERSUCHUNG DER LUFTVERSCHMUTZUNG

Mini-Fallstudie für Klimadetektive

DIE WICHTIGSTEN FAKTEN

Thema: Wissenschaft; Technik

Altersgruppe: 12-17 Jahre

Typ: Projektarbeit

Schlüsselwörter: Luftverschmutzung; Klima; Erdbeobachtung; Treibhausgase; Wissenschaft; Technologie

LERNZIELE

- Fähigkeit, durch Erfassung von Daten, sorgfältige Beobachtungen und der Suche nach Mustern und wissenschaftlich zu arbeiten.
- Erkennen des Zusammenhangs zwischen Luftverschmutzung und Klimawandel
- Ermittlung der wichtigsten Luftschadstoffe
- Verständnis dafür, wie sich Erdbeobachtungssatelliten zur Überwachung der Luftqualität einsetzen lassen

Kurzbeschreibung

Die Mini-Fallstudien für Klimadetektive sollen Lehrkräften dabei helfen, das Thema zu ermitteln, das ihr Klimadetektiv-Team untersucht, und es durch die verschiedenen Phasen des Projekts zu führen. In der Vorlage finden die Lehrkräfte Vorschläge für verschiedene Arten von Daten, die die SchülerInnen erfassen und analysieren könnten. Die Vorschläge sind nicht erschöpfend, und die Lehrkräfte können ihren eigenen spezifischen Schwerpunkt innerhalb eines bestimmten Forschungsbereichs festlegen. Die Mini-Fallstudie sollte in Verbindung mit dem Lehrerhandbuch und nicht als eigenständiges Dokument verwendet werden.

Diese Fallstudie ist dem Thema **Luftverschmutzung und Klima** gewidmet, wobei die Schüler die Zusammenhänge zwischen der Luftverschmutzung durch den lokalen Verkehr und dem Klimawandel untersuchen.

Zu den Klimadetektiven

„Klimadetektive“ ist ein Schulprojekt für Schülerinnen und Schüler, das von der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) in Zusammenarbeit mit den nationalen European Space Education Resource Offices (ESEROs) in ganz Europa durchgeführt wird.

In diesem Projekt schlüpfen die SchülerInnen in die Rolle von Klimadetektiven und erfahren dabei etwas über die Umwelt der Erde. Dazu ermitteln sie ein lokales Klimaproblem (Phase 1), untersuchen es mit Hilfe von realen Satellitenbildern oder ihren eigenen Bodenmessungen (Phase 2) und schlagen schließlich Maßnahmen vor, die zur Verringerung oder Überwachung des Problems beitragen (Phase 3).



CLIMATE DETECTIVES

HIER
STAR-
TEN

Thema: Luftverschmutzung und Klima

Forschungsfrage

Wie trägt der Verkehr in unserer Schulgemeinschaft zum globalen Klimawandel bei? Welche Zusammenhänge bestehen zwischen der verkehrsbedingten lokalen Luftverschmutzung und dem globalen Klimawandel?

Passt die Frage zum
Thema Klima?

Ja. Sie untersucht
den
verkehrsbedingten
Beitrag der Schule
zum Klimawandel.

Konzentriert sich die
Frage auf ein einzelnes
Problem oder Thema?

Ja. Sie untersucht
den
verkehrsbedingten
Beitrag der Schule
zum Klimawandel.

Ist die Frage zu
weit oder zu eng
gefasst?

Nein. Es wird zwar ein
Problem auf lokaler Ebene
ermittelt, aber es werden
Zusammenhänge mit einem
umfassenderen globalen
Problem hergestellt. Die
Schüler können sich nur mit
den Treibhausgasemissionen
aus dem Schulverkehr
befassen oder die
Untersuchung auch auf den
Zusammenhang mit der
Luftverschmutzung
ausdehnen.

Ist die Antwort auf die Fragen
zu leicht zu erhalten?

Ja. Die Daten über globale
und nationale
Treibhausgasemissionen und
Luftschadstoffe sind frei
verfügbar, und es gibt je nach
Zeit und Ressourcen mehrere
Optionen für die Erfassung
von Primärdaten.

Ist die Frage durchführbar?

Nein. Es wird zwar ein
Problem auf lokaler Ebene
ermittelt, aber es werden
Zusammenhänge mit einem
umfassenderen globalen
Problem hergestellt. Die
Schüler können sich nur mit
den Treibhausgasemissionen
aus dem Schulverkehr
befassen oder die
Untersuchung auch auf den
Zusammenhang mit der
Luftverschmutzung
ausdehnen.

A - Einführung in das Thema (PHASE 1)

Bevor wir den Zusammenhang zwischen Reisen und Klimawandel untersuchen, müssen wir verstehen, was wir unter Klimawandel verstehen. Dieser Artikel des ESA-Klimabüros kann dabei helfen:

[Was sind Klima und Klimawandel?](#)

Der Verkehr ist eine Quelle von Luftschadstoffen und Treibhausgasen. Obwohl viele Luftschadstoffe nicht als Treibhausgase eingestuft werden, können sie zum Klimawandel beitragen (Weltgesundheitsorganisation, 2022). Das nachstehende Video der Weltorganisation für Meteorologie kann als Ausgangspunkt für eine Einführung in das Thema dienen:

[Zusammenhänge zwischen Luftqualität und Klima](#)

Treibhausgase

Treibhausgase sind ein natürlicher Bestandteil der Erdatmosphäre, der es uns ermöglicht, einen Teil der Sonnenenergie in Form von Wärme zurückzuhalten. Ohne den Treibhauseffekt läge die durchschnittliche Temperatur an der Erdoberfläche bei etwa -18 °C , und unser Planet wäre zu kalt, um Leben, wie wir es kennen, zu ermöglichen. Seit der industriellen Revolution haben menschliche Aktivitäten wie die Verbrennung fossiler Brennstoffe den Gehalt an Treibhausgasen in der Atmosphäre auf ein noch nie dagewesenes Niveau ansteigen lassen. Im Kyoto-Protokoll werden 6 Treibhausgase genannt, deren Werte alle durch menschliche Aktivitäten erhöht wurden. Die drei wichtigsten sind Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Stickoxid (N_2O). Wasserdampf ist ebenfalls ein wichtiges natürliches Treibhausgas, das die Wirkung der anderen Gase noch verstärkt. Das Klima der Erde verändert sich und erwärmt sich im Allgemeinen aufgrund der zunehmenden Konzentration von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen in der Atmosphäre, was negative Folgen wie den weltweiten Anstieg des Meeresspiegels hat.

Während Kohlendioxid in der Atmosphäre häufiger vorkommt und daher stärker mit der Erderwärmung in Verbindung gebracht wird, ist Methan als wärmeabsorbierendes Gas etwa 30 Mal stärker.

Die folgenden Unterrichtsmaterialien können dazu verwendet werden, um mehr über den Treibhauseffekt und die natürlichen und menschlichen Quellen von CO_2 zu erfahren:

- [Die Erde unter dem Deckel - Den Treibhauseffekt verstehen](#) (Grundschulunterricht)
- [Der Treibhauseffekt und seine Folgen - Untersuchung der Erderwärmung](#) (Sekundarbereich)
- [Der Kohlenstoffkreislauf](#) (Sekundarbereich)

Luftschadstoffe

Die Weltgesundheitsorganisation definiert Luftverschmutzung als: „Verunreinigung der Innen- oder Außenluft durch chemische, physikalische oder biologische Stoffe, die die natürlichen Eigenschaften der Atmosphäre verändern. Im Haushalt verwendete Verbrennungsgeräte, Kraftfahrzeuge, Industrieanlagen und Waldbrände sind häufige Quellen der Luftverschmutzung“.

Es gibt viele verschiedene verkehrsbedingte Luftschadstoffe. Zwei der wichtigsten sind nachstehend zusammengefasst.

Feinstaub

Feinstaub (Particulate Matter, PM) bezeichnet mikroskopisch kleine feste oder flüssige Partikel, die in der Luft schweben. Sie werden nach ihrer Größe kategorisiert.

- PM10 zwischen 2,5 und 10 Mikrometer (μm)
- PM2,5 sind kleiner als 2,5 Mikrometer (μm)

Zu diesen Partikeln können Staub, Schmutz, Rauch, Tröpfchen von Flüssigkeiten und Ruß gehören. Feinstaub stammt von Baustellen, Mülldeponien, aus der Landwirtschaft, von Straßen und Fahrzeugreifen. Feinstaub ist ein ernstzunehmender Luftschadstoff und kann die Gesundheit ernsthaft beeinträchtigen, da wir diese winzigen Partikel einatmen, die mit bloßem Auge nicht immer zu erkennen sind.

Bei einer vollständigen Verbrennung (100%ige Verbrennung) würde der gesamte Kohlenstoff eines Brennstoffs in CO_2 umgewandelt, jedoch ist die Verbrennung niemals vollständig wirksam. Bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe entsteht nicht nur CO_2 , sondern auch Feinstaub, der als Ruß bezeichnet wird. Die verschiedenen Bestandteile des Feinstaubes können sich entweder erwärmend oder abkühlend auf das Klima auswirken. Ruß trägt zur Erwärmung der Erde bei. Wenn sich Ruß auf Eis und Schnee ablagert, führt dies zu einer lokalen Erwärmung und verstärkt das Schmelzen, da die „dunklen“ Flecken auf dem Schnee mehr Sonnenwärme absorbieren. Ruß ist schätzungsweise für 15 % der derzeitigen übermäßigen Erwärmung der globalen Temperaturen verantwortlich.

Stickstoffdioxid

Stickoxide sind Verbindungen aus Stickstoff und Sauerstoff. Sie entstehen durch den Menschen bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe in industriellen und häuslichen Verbrennungsprozessen sowie von Kraftfahrzeugen. Die Abgasemissionen des Verkehrs erzeugen Stickstoffdioxid (NO_2). Stickstoffdioxid ist ein primärer Luftschadstoff, wird aber nicht als Treibhausgas eingestuft, da es die Sonnenstrahlen nicht einfängt. Als Ergebnis komplexer Reaktionen in der Atmosphäre trägt NO_2 jedoch zur Erderwärmung und damit zum Klimawandel bei.

Stickstoffdioxid (NO_2) ist nicht dasselbe wie Stickoxid (N_2O). N_2O ist ein Treibhausgas und entsteht vor allem durch den Einsatz von Kunstdünger in der Landwirtschaft, aber auch in geringen Mengen durch Autoabgase.

Untersuchungsplan

Nachdem sich Ihr Team für das Thema und die Forschungsfrage entschieden hat, gilt es nun zu planen, welche Daten Ihr Team erfassen muss. Der letzte Schritt in Phase 1 der Klimadetektive ist die Einreichung eines Untersuchungsplans. Ideen für die Datenerfassung enthält Abschnitt B, der für die Einreichung des Untersuchungsplans Ihres Teams zweckmäßig ist.

B – Datenerfassung und -analyse (PHASE 2)

Um einen Zusammenhang zwischen dem lokalen Verkehrsproblem und dem globalen Problem des Klimawandels herzustellen, können die Schüler Daten aus verschiedenen Quellen erfassen und analysieren.

Globale Satellitendaten

Globale Daten über Luftschadstoffe und Treibhausgasemissionen können ein Gesamtbild der globalen Probleme vermitteln und zeigen, wie sich die Luftverschmutzung und die Treibhausgasemissionen im Laufe der Zeit verändert haben. Aus der Vogelperspektive können Satelliten Daten von Standorten auf der ganzen Welt erfassen, auch von Orten, die zu abgelegenen sind, um sie persönlich zu besuchen.

Die folgenden Links können Teams bei der Suche nach Satellitendaten über Gasemissionen helfen:

- [Klima aus dem Weltraum - interaktive Website \(esa.int\)](https://climate.esa.int/) - Die App Klima aus dem Weltraum bietet eine grafische Darstellung archivierter Satellitendaten und gibt einen Überblick über die verschiedenen Klimavariablen, die Wissenschaftler zur Untersuchung des Klimawandels verwenden. Es ist möglich, die Entwicklung der Kohlendioxid- und Methanwerte in der Atmosphäre im Laufe der Zeit (2003-2018) zu verfolgen.
- [EO-Browser](#) - Schüler können den EO-Browser zur Ermittlung von Daten verwenden, die von Copernicus Sentinel 5P, der ersten Copernicus-Mission zur Überwachung unserer Atmosphäre, stammen. Im Bildungsmodus können die SchülerInnen das Thema Atmosphäre und Luftverschmutzung auswählen und Daten über NO₂-Emissionen sowie Daten über andere Luftschadstoffe finden. Weitere Informationen über die Verwendung des EO-Browsers zur Untersuchung der Luftverschmutzung aus dem Weltraum finden Sie [hier](#).
- [Copernicus Sentinel-5P Mapping Portal](#) - Eine Online-Plattform, die die Verfolgung der Luftverschmutzung weltweit ermöglicht. Die Karten, die Daten des Copernicus Sentinel-5P-Satelliten verwenden, zeigen die Konzentration von Treibhausgasen wie CH₄ und Luftschadstoffen (NO₂ und SO₂) auf der ganzen Welt.
- [Luftqualität](#) - Der Copernicus-Dienst überwacht und prognostiziert die europäische Luftqualität und den weltweiten Ferntransport von Schadstoffen.

Abbildung 1



↑ Copernicus Sentinel-5P ist mit dem hochmodernen Tropomi-Instrument ausgestattet, das eine Vielzahl von Spurengasen wie Stickstoffdioxid, Methan, Kohlenmonoxid und Aerosole kartiert, die alle einen Einfluss auf unsere Atemluft und damit auf unsere Gesundheit und das Klima haben.

Nationale Daten

Nationale Daten können dazu beitragen, das Problem auf nationaler Ebene zu betrachten oder die Emissionen eines bestimmten Gebiets oder eines bestimmten Sektors zu untersuchen.

Der [Europäische Luftqualitätsindex](#) kombiniert Informationen für fünf verschiedene Luftschadstoffe (Feinstaub (PM₁₀), Feinstaub (PM_{2,5}), Ozon (O₃), Stickstoffdioxid (NO₂) und Schwefeldioxid (SO₂)) für verschiedene europäische Länder.

Die Teams werden auch aufgefordert, Daten von ihren nationalen Umwelt- bzw. Luftqualitätsbehörden zu beschaffen.

Lokale/Primärdaten

Dabei handelt es sich um Daten, die die Schüler selbst messen oder berechnen. Primärdaten zu Treibhausgasen und Luftschadstoffen können auf verschiedene Weise erfasst werden.

Sensoren

Die ESA hat eine Plattform für Luftqualität (AQP) entwickelt, die auf dem Computer Raspberry Pi 3B+ basiert und mit mehreren Sensoren ausgestattet ist, die verschiedene Merkmale messen und für Bildungszwecke eingesetzt werden können. Das [ESERO-Büro](#) in jedem Land verfügt über mehrere dieser Sensoren, die an Schulen ausgeliehen werden können, um z.B. die CO₂-Konzentration und verschiedene Luftschadstoffe in der Schulumgebung zu messen. Zu weiteren Informationen besuchen Sie <https://aqp.eo.esa.int/>

Verkehrserhebungen

Alternativ zum Einsatz der Sensortechnik können die Schüler eine Erhebung über den Verkehr auf dem Schulgelände und die zurückgelegten Kilometer über einen bestimmten Zeitraum durchführen. Sie können die CO₂-Emissionen mit Hilfe von Websites berechnen, die diese Daten liefern. [Hier](#) finden die Teams einige Informationen über CO₂-Emissionen von Autos.

Es lassen sich durchschnittliche Kohlendioxidemissionen verwenden, um die Emissionen der verschiedenen Fahrzeugtypen nicht zu individualisieren.

- Wie kommt die Schulgemeinschaft zur Schule (Lehrer, Schüler und Schulpersonal)?
- Wie viele Benziner, Dieselfahrzeuge und Busse kommen jeden Morgen zum Absetzen der Schüler an (Schulanfangszeit)?
- Wie viele Benziner, Dieselfahrzeuge und Busse kommen jeden Nachmittag zur Abholung an (Schulschlusszeit)?
- Wie viele Kilometer legt jedes Auto für diese Aufgaben pro Tag zurück?
- Wie hoch sind die durchschnittlichen Kohlendioxidemissionen pro Tag, pro Woche und pro Schuljahr?

Bevor die Teams mit der Datenerfassung beginnen, sollten sie einen Zeitrahmen festlegen. Vielleicht möchten Sie Daten zu verschiedenen Tageszeiten oder zu verschiedenen Zeiten des Jahres erfassen. Wenn Sie zum Beispiel untersuchen wollen, ob die Luftverschmutzung während des Schultages schwankt, könnten Sie über einen Zeitraum von einigen Wochen zu bestimmten Zeiten pro Tag Daten erfassen. Wenn Sie die jahreszeitlichen Veränderungen der Luftverschmutzung untersuchen wollten, müssten Sie Daten über einen längeren Zeitraum erfassen.

Untersuchung von Staubpartikeln

Feinstaub ist sehr schwer zu messen, da er so klein ist. Dennoch ist es ein guter Indikator für die Luftverschmutzung, auch die Anzahl der größeren Partikel wie Staub, Schmutz und Rauch zu messen, die man möglicherweise sehen kann. Im Internet finden Sie zahlreiche Experimente, bei denen die Luftverschmutzung mit der Klebebandmethode sichtbar gemacht wird. Anhand [dieses Beispiels](#) können die SchülerInnen ihre eigenen qualitativen und quantitativen Beobachtungen zur Luftverschmutzung erfassen.

Datenanalyse

Nach der Datenerfassung kommt es darauf an, die Ergebnisse zu analysieren. Die Schüler können anhand folgender Fragen bewerten, ob ihre Ergebnisse ihre Forschungsfrage beantworten:

- Was zeigen die Daten? Gibt es offensichtliche Trends bzw. Muster?
- Gibt es Ablesewerte, die keinen Sinn zu ergeben scheinen? Lassen sie sich erklären?
- Lassen sich aus den Ergebnissen irgendwelche Schlussfolgerungen ziehen?
- Sind weitere Untersuchungen erforderlich?

C – Zeit für VERÄNDERUNG! (PHASE 3)

Welche Maßnahmen könnten die Teams als Einzelne oder als Gemeinschaft ergreifen, um die verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffe zu reduzieren und eine Veränderung beim Thema ihrer Untersuchung herbeizuführen?

Maßnahmen lassen sich in vielen Bereichen des täglichen Lebens durchführen. Selbst kleine Veränderungen tragen dazu bei, die Luftschadstoffemissionen pro Person zu verringern. Die Maßnahmen brauchen sich nicht auf die Schulzeit zu beschränken. Die Schülerinnen und Schüler könnten beispielsweise Ideen mit nach Hause nehmen und ihre Familien einbeziehen, um sie in ihrem Alltag umzusetzen, oder sie könnten ein Referat halten oder eine Kampagne an ihrer Schule oder in ihrer Gemeinde durchführen, um das Bewusstsein zu schärfen.

Weitere Untersuchungsthemen

Auch zum Thema Klima und Luftverschmutzung können die Teams verschiedene Themen untersuchen:

- Klima und Luftverschmutzung durch landwirtschaftliche Aktivitäten
- Klima- und Luftverschmutzung durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe für Heizzwecke
- Klima- und Luftverschmutzung durch Abfallentsorgung

→ Links

ESA-Ressourcen

Klimadetektive-Lehrerhandbuch

<https://climatedetectives.esa.int/teacher-guide/>

Klimadetektive-Unterrichtsmaterialien

<https://climatedetectives.esa.int/classroom-resources>

Klima für Schulen - Ressourcen der Initiative Klimawandel

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

Hintergrundinformationen

Was ist Klima und Klimawandel?

<https://climate.esa.int/en/evidence/what-is-climate-and-climate-change/>

Video der Weltorganisation für Meteorologie über Luftverschmutzung und Klima

<https://youtu.be/s4ly6o-VT90>

Europäische Umweltagentur

<https://www.eea.europa.eu/themes/air>

Datenerfassung und -analyse

App „Klima aus dem Weltraum“

<https://climate.esa.int/en/explore/climate-from-space/>

EO-Browser

<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>

Copernicus Sentinel-5P-Kartierungsportal

<https://maps.s5p-pal.com/>

Copernikus-Dienst zur Überwachung der Atmosphäre (CAM5)

<https://atmosphere.copernicus.eu/air-quality>

ESA-Plattform für Luftqualität

<https://aqp.eo.esa.int/>

Europäischer Luftqualitätsindex

<https://airindex.eea.europa.eu/Map/AQI/Viewer/>

Das ESA-Bildungsbüro freut sich über Rückmeldungen und Kommentare
teachers@esa.int

Eine Produktion von ESA Education in Zusammenarbeit mit ESERO Irland
Copyright 2022 © European Space Agency