



Lehrmaterialien zum Thema

Nachweis von Methanemissionen anhand von Satellitenbildern

Klassenstufen 10 – 12

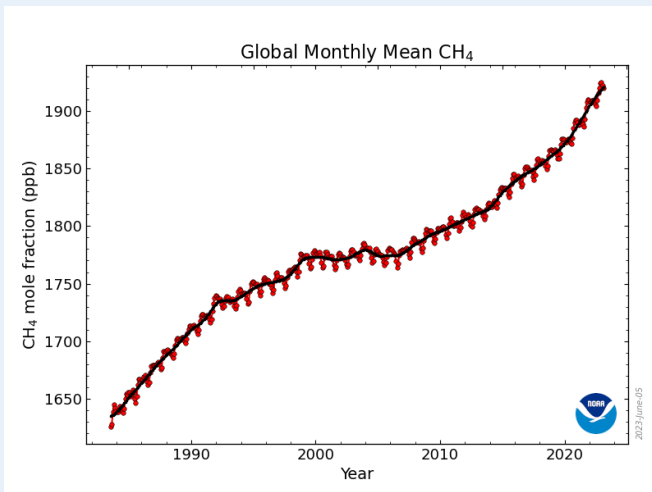
Material für Schüler:innen

Hintergrund

Ziel dieser Übung ist es, anhand eines Beispiels in Algerien im Januar 2020 [1], eine große Methanwolke zu finden, eine mögliche Quelle der Fahne ausfindig zu machen und ihre Häufigkeit sowie den Anstieg der Methankonzentration im Vergleich zu Hintergrundwerten zu untersuchen.

Methan (CH₄) ist ein starkes Treibhausgas und der zweitgrößte Treiber der globalen Erwärmung. Die **Hauptemissionen stammen aus der Landwirtschaft, fossilen Brennstoffen und Abfällen**.

Die globale atmosphärische **Methankonzentration ist** seit Jahrzehnten **gestiegen** – seit 2006 um etwa 7%.



Das größte kurzfristige Reduktionspotenzial besteht in der Kontrolle der Emissionen aus dem Betrieb fossiler Brennstoffe

Leckagen aus Pipelines und Gasfeldern sind unvorhersehbar und kurzlebig [2]. Es ist möglich die wesentlichen Leckagen mithilfe von Satelliten aufzuspüren.

Das Niederländische Institut für Weltraumforschung hat mit der Kartierung großer Leckagen mithilfe von Satellitenbildern

und KI begonnen. Im Januar 2023 wurden 192 dieser Abgasfahnen entdeckt, hauptsächlich in Asien [3].

Fig. 1. CH₄ monthly means since 1983. Source: NOAA Global Monitoring Laboratory [4].

Beschreibung der Daten



Fig. 2. Sentinel-5P.
Source: Copernicus

Für diese Übung werden Messungen des zum Copernicus-Programm [6] gehörenden Satelliten **Sentinel-5P** [5] verwendet. Der Satellit wurde im Oktober 2017 gestartet und ist der erste im Programm, der der atmosphärischen Fernerkundung zugeordnet ist. Das Hauptziel der Mission ist die Durchführung von Messungen mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung, die für Luftqualität, Ozon und UV-Strahlung sowie Klimaüberwachung und -vorhersage verwendet werden können. Das Hauptinstrument an Bord von Sentinel-5P ist TROPOMI. Neben Methan umfasst TROPOMI auch Daten zu NO₂, SO₂, CO, HCHO, Aerosole, Wolken and

UV-Strahlung.

In dieser Übung wird das durchschnittliche atmosphärische **Säulen-Trockenluft-**

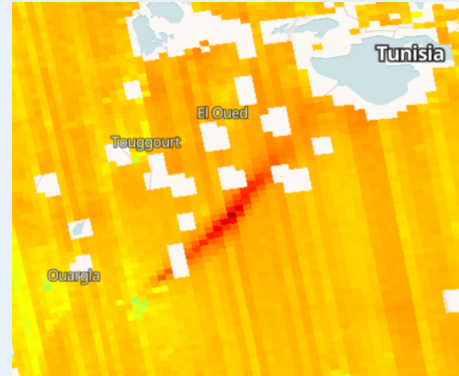
Mischungsverhältnis von Methan verwendet. Die Messungen werden in Teilen pro Milliarde (ppb -

parts per billion) mit einer räumlichen Auflösung von 7 x 3,5km bereitgestellt. Die Messungen sind bei wolkenfreien Bedingungen über Land verfügbar. Die zeitliche Auflösung beträgt einen Tag.

Werkzeuge zur Lösung der Aufgabe

- 1) Der webbasierte Dienst **EO Browser** Education mode ist das Hauptwerkzeug zur Lösung der Aufgabe. Er ermöglicht den Zugang und die Visualisierung von Satellitendaten zahlreicher Satelliten.
Zugang zum EO Browser: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>
- 2) Zusätzlich wird **Google Maps** verwendet, um mögliche Methanquellen zu identifizieren.
Zugang zu Google Maps: <https://www.google.ee/maps/>

Übung

- Öffne den EO Browser
 - Melde dich an, um weitere Funktionen nutzen zu können:
 - Wähle "Free sign up "(unten links)
 - Fülle die Felder aus
 - Akzeptiere die Allgemeinen Geschäftsbedingungen und die Datenschutzrichtlinien
 - Anmelden
 - Logge dich in den Dienst ein
 - Wähle Login
 - Fülle die Felder aus
 - Drücke die Schaltfläche „Sign In“
 - Schalte den Bildungsmodus ein (obere rechte Ecke)
 - Suche Algerien mit Hilfe der Suchfunktion (oben rechts)
 - Um Methandaten zu erhalten, gebe die folgenden Parameter in das Feld auf der linken Seite ein:
 - Thema: Atmosphäre und Luftverschmutzung
 - Datenquellen: Sentinel-5P → CH4 (Methan)
 - Zeitbereich [UTC]: 2020-01-04 - 2020-01-04
 - Drücke "Suchen"
 - Wähle "Visualisieren" vor einem der Ergebnisse
 - Wähle auf der Registerkarte "Visualisieren" die beiden nach unten zeigenden Pfeile, um die Legende zu öffnen
 - Nur durch visuelle Schätzung:
 - Wie hoch sind die Methankonzentrationen im größten Teil des Gebiets.....
 - Es gibt einen ausgeprägten Bereich mit roter Farbe. Wie hoch sind die Werte dort?.....
 - Worauf weist der rote Bereich hin?
- 
- Wähle einen Bereich um die Abgasfahne aus und schaue dir die Bilder vom Januar 2020 an, um herauszufinden, wie oft die Abgasfahne sichtbar ist::
 - Wähle auf der rechten Seite das Fünfeck ("Create an area of interest")
 - Wähle das Rechteck aus dem Menüband neben dem Fünfeck
 - Klicke auf der Karte auf die linke obere Ecke des Bereichs, ziehe den Pfeil zur rechten unteren Ecke des gewünschten Bereichs und klicke erneut.
 - Auf der rechten Seite wähle das Filmbild (Zeitrafferanimation erstellen)
 - Wähle in der oberen linken Ecke die Daten 2020.01.01 - 2020.01.31
 - Drücke die Schaltfläche Suchen. Im mittleren Bereich (Visualisierung) erhältst du 31 Miniaturbilder mit brauner/dunkelroter Markierung fehlender Daten
 - Schaue dir die kleinen Bilder an oder drücke auf die Schaltfläche „Abspielen“ unter dem

- großen Bild im rechten Fenster und schau, wie oft die Fahne zu sehen ist
- Schließe die Zeitraffer (x-Markierung in der oberen rechten Ecke)

- Erstelle ein Liniendiagramm der Methankonzentrationen für einen Bereich/Punkt:
 - Hebe die Auswahl des zuvor erstellten Bereichs auf (X-Markierung auf dem Fünfeckband).
 - Wähle einen Punkt von Interesse (Ballon auf der rechten Seite des Bildschirms). Klicke auf den Anfang der roten Linie auf der Seite Ouargia. Ändere das Datum auf der linken Seite und stelle sicher, dass der Punkt auch am 8. Januar innerhalb der roten Linie liegt.
 - Wie hoch ist die Methankonzentration am 4. Januar an dem ausgewählten Punkt?
 - Wie hoch ist die Methankonzentration an dem ausgewählten Punkt am 8. Januar?.....
 - Wähle die statistische Info (Grafikmarkierung) und betrachte die Konzentrationsveränderungen während verschiedener Zeiträume, indem du sie oben in der Grafik auswählst.
 - Wie ist die Konzentration am 8. Januar im Vergleich zu den anderen Tagen?
 - Wähle einen neuen Punkt außerhalb des roten Bereichs. Wie hoch ist die Konzentration?

EXTRA:

- Schließe das Diagramm und ändere das Datum im Menü auf der linken Seite auf ein späteres Datum (z. B. Januar 2023) und schau dir an, wie sich die Konzentration in den letzten fünf Jahren verändert hat und wie der Wert am 8. Januar 2020 im Vergleich zu den anderen Messungen ist.
- Exportiere die CSV-Datei mit den Daten. Öffne die Datei in Excel. Unterteile den Text in Spalten (Komma als Trennzeichen). Nimm die Spalte mit dem Namen Mittelwert und zeichne eine Grafik mit diesen Daten.
- Führe die gleichen Schritte für einen kleinen Bereich um den ausgewählten Punkt herum durch

EXTRA:

- Versuche, mit Google Maps eine mögliche Quelle der Rauchfahnen zu finden.
 - Überlege, was eine so große Wolke verursachen könnte.
 - Öffne Google Maps und suche den Standort des ausgewählten Punktes auf Google Maps. Du kannst die Koordinaten aus dem EO-Browser abrufen, indem du mit der Maus auf den Punkt fährst und in die untere rechte Ecke schaust.
 - Zoomte auf das Gebiet in Google Maps und suche nach möglichen Quellen für die Abgasfahnen.

EXTRA

- Ermittle mit EO Browser den durchschnittlichen CH₄-Wert in der Umgebung deines Hauses und vergleiche ihn mit den Ergebnissen in Algerien.
- Finde große Abgasfahnen in anderen Gebieten. Auf der Karte des Niederländischen Instituts für Weltraumforschung (<https://earth.sron.nl/methane-emissions/>) findest du Anregungen, wo du suchen solltest.

Referenzen und zusätzliche Lektüre

1. Pandey, S., Nistelrooij, M.V., Maasackers, J.D., Sutar, P., Houweling, S., Varon, D.J., Tol, P.J., Gains, D., Worden, J.R., & Aben, I. (2022). Daily detection and quantification of methane leaks using Sentinel-3: a tiered satellite observation approach with Sentinel-2 and Sentinel-5p. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2212/2212.11318.pdf>
2. Voosen, P. 2023. Global alarm system watches for methane. Science, **379**, 528 - 528
 - a. <https://www.science.org/content/article/global-alarm-system-watches-methane-superemitters>
3. Niederländisches Institut für Weltraumforschung Methankartierung: <https://earth.sron.nl/methane-emissions/>
4. Webseite des NOAA Global Monitoring Laboratory zum Thema Methan: https://gml.noaa.gov/ccgg/trends_ch4/
5. Sentinel-5P Website: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-5p>
6. Copernicus Programm Website: <https://www.copernicus.eu/en/about-copernicus>