



dreamstime.com

Lehrmaterialien zum Thema

Nachweis von Methanemissionen anhand von Satellitenbildern

Klassenstufen 10 - 12

Material für Lehrkräfte

Projektinformationen

<https://esero.de/>

Die Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe werden im Rahmen des FPCUP-Projekts erstellt, das von der Europäischen Kommission im Rahmen der Aktion "2020-2-13 Cop4Schools - Crossing Borders in Education" unter der FPA-Nummer 275/G/GRO/COPE/17/10042 finanziert wird. Das allgemeine Ziel der Aktion ist die Entwicklung von Unterrichtsmaterialien, die auf dem Copernicus-Programm und seinen Missionen basieren und Erdbeobachtungsdaten und -dienste für den Einsatz im Schulunterricht präsentieren. Es werden interaktive Lernwerkzeuge und Arbeitsblätter sowie ein Mini-MOOC bereitgestellt.



Überblick

Klassenstufen



Niveau



Zeitbedarf



Author

Margit Aun

Ziele

Die Schülerinnen und Schüler (SuS) ...

sind in der Lage, Fernerkundungsinstrumente zum Aufspüren von Methan- (oder anderen) Emissionen zu nutzen;

beschreiben das natürliche Methanniveau;

suchen den Grund, warum die Methanemissionen zu hoch sein können.

Kompetenzen

Mehrere Aspekte der Kompetenz in Mathematik, Naturwissenschaften und Technik werden erfüllt:

die Fähigkeit, Symbole und naturwissenschaftliche Methoden zu verwenden;

das Lösen von Aufgaben in verschiedenen Lebensbereichen;

Verständnis für die Bedeutung von Naturwissenschaften und Technik für das tägliche Leben wird entwickelt.

Themen

- Methan
- Fernerkundung
- Satellitenbilder
- CH4-Messungen
- Klimawandel

Medien & Materialien

- Arbeitsblatt "Nachweis von Methanemissionen anhand von Satellitenbildern_Sus"
- Material für Lehrkräfte "Nachweis von Methanemissionen anhand von Satellitenbildern_LuL"

Didaktische Anmerkung

Relevanz des Themas

Methan (CH₄) ist ein lebenswichtiges Treibhausgas und ein wesentlicher Faktor der globalen Erwärmung. So ist es von entscheidender Bedeutung, die Menge der Treibhausgase zu verringern. Dazu ist es wichtig, die Quellen der Treibhausgase zu ermitteln und zu überwachen. Deswegen zeigen wir den Schülerinnen und Schülern hier, wie man den Ausstoß von Methan nachweisen kann.

Bezug zu verschiedenen Curricula

Das Unterrichtsmaterial richtet sich nach den Lehrpläne für Geographie und Biologie in Estland, wo es sich in übergreifende Themen wie "Ursachen des Klimawandels", "Weltwirtschaft" und "Erdatmosphäre" (Geographie) sowie "Beziehungen zwischen Natur und Technik" und "Nachhaltige Entwicklung" (Biologie) einfügt, die in den Klassenstufen 10 bis 12 (15-19 Jahre) unterrichtet werden.

Voraussetzungen

Die Schülerinnen und Schüler benötigen einen Internetzugang und einen EO-Browser.

Einführung

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

Hintergrund des Problems

Methan (CH₄) ist ein starkes Treibhausgas und der zweitgrößte Treiber der globalen Erwärmung. Die Hauptemissionen stammen aus der Landwirtschaft, von fossilen Brennstoffen und von Abfällen. Die globale atmosphärische Methankonzentration ist seit Jahrzehnten gestiegen - seit 2006 um etwa 7 %. Die Kontrolle der Emissionen aus dem Betrieb fossiler Brennstoffe birgt kurzfristig das größte Reduktionspotenzial. Leckagen aus Pipelines und Gasfeldern sind unvorhersehbar und kurzlebig. [2]. Es ist möglich, diese großen Leckagen mit Hilfe von Satelliten aufzuspüren. Das niederländische Institut für Weltraumforschung hat mit der Kartierung großer Fahnen mithilfe von Satellitenbildern und KI begonnen. Im Januar 2023 wurden 192 dieser Abgasfahnen entdeckt, hauptsächlich in Asien [3].

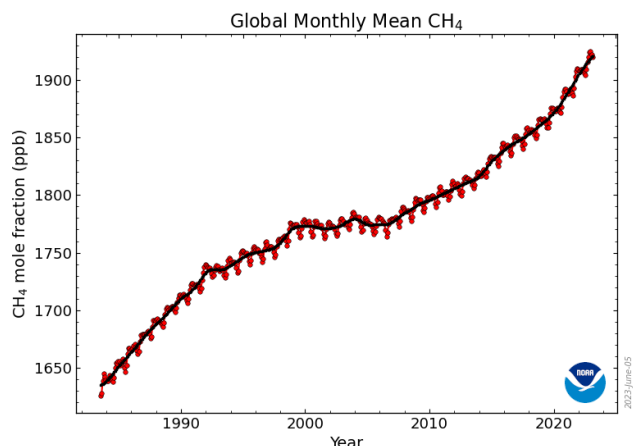


Abb. 1. CH₄ Monatsmittelwerte seit 1983. Quelle: NOAA Global Monitoring Laboratory [4].

Beschreibung der Daten



Abb. 2. Sentinel-5P. Quelle: Copernicus [5].

Für diese Übung werden Messungen des Satelliten Sentinel-5P [5] verwendet, der zum Copernicus-Programm [5] gehört. Der Satellit wurde im Oktober 2017 gestartet und ist der erste im Programm, der der atmosphärischen Fernerkundung gewidmet 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 genutzt werden können. Das Hauptinstrument an Bord von Sentinel-5P ist TROPOMI. Neben Methan (CH₄) liefert TROPOMI auch Daten zu NO₂, SO₂, CO, HCHO, Aerosolen, Wolken und UV-Strahlung.

Tabelle 1. Informationen zu Sentinel-5P.

Start	Am 13. Oktober 2017
Geplante Lebensdauer	Sieben Jahre
Main-Playload	TROPOMI
Schwadbreite	2600 km
Umlaufbahnhöhe	824 km
Pixelgröße	7 × 3.5 km or 5.5 × 3.5 km (je nach Produkt)
Umlaufbahn	Nahepol, sonnensynchron
Zeitliche Abdeckung	Täglich

Bei dieser Übung wird das durchschnittliche atmosphärische Säulen-Trockenluft-Mischungsverhältnis von Methan verwendet. Die Messungen werden in Teilen pro Milliarde (ppb) mit einer räumlichen Auflösung von 7 × 3,5 km angegeben. Die Messungen sind bei wolkenfreien Bedingungen über dem Land verfügbar. Die zeitliche Abdeckung beträgt einen Tag.

Zusätzliche Informationen

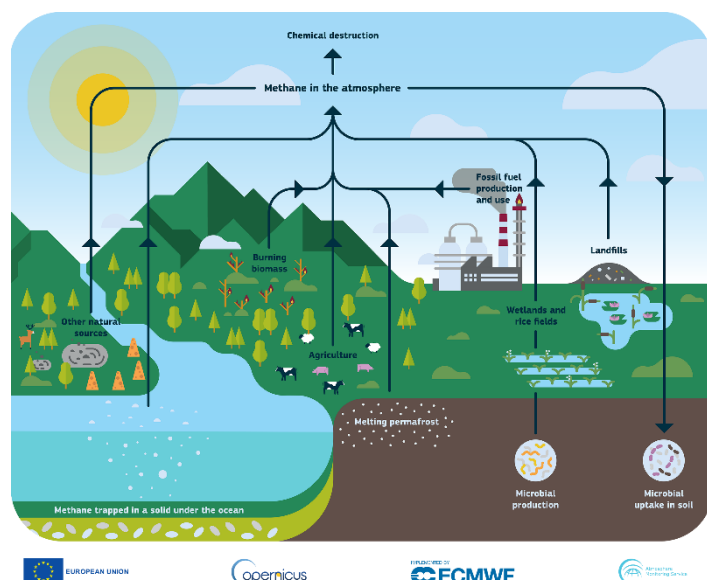
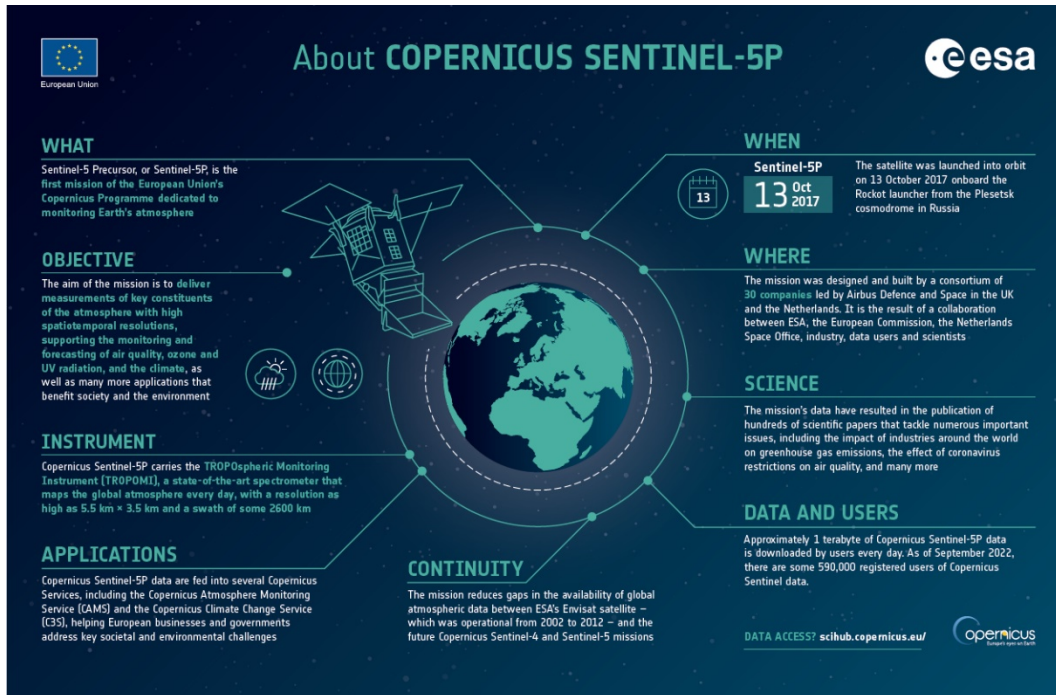


Abb. 3. Methan-Kreislauf. Quelle: Copernicus Atmosphere Monitoring Service, ECMWF.

Sentinel-5P Einführungsvideo der Europäischen Weltraumorganisation (ESA): <https://youtu.be/doqsNc8vC00>

Sentinel-5P Infografik:



Quelle: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-5p>

Werkzeuge zur Lösung der Aufgabe

Der webbasierte Dienst EO Browser Education mode ist das wichtigste Werkzeug zur Lösung der Aufgabe. Er ermöglicht den Zugang und die Visualisierung von Satellitendaten von zahlreichen Satelliten.

Zugriff auf den EO-Browser: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>

Darüber hinaus wird Google Maps verwendet, um mögliche Methanquellen zu identifizieren.

Zugang zu Google Maps: <https://www.google.com/maps>

AUFGABE

EO Browser öffnen

Melden Sie sich für den Browser an, um weitere Funktionen zu nutzen:

Wählen Sie "Free sign up" (unten links)

Füllen Sie die Felder aus, stimmen Sie den Nutzungsbedingungen und den Datenschutzrichtlinien zu, melden Sie sich an

Loggen Sie sich in den Dienst ein

Wählen Sie Login

Füllen Sie die Felder aus und drücken Sie die Schaltfläche Anmelden.

Schalten Sie den Bildungsmodus ein (obere rechte Ecke)

Suchen Sie Algerien mit Hilfe der Suchfunktion (oben rechts)

Um Methandaten zu erhalten, geben Sie 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

“Suche” drücken

Wählen Sie "Visualisieren" vor einem der Ergebnisse.

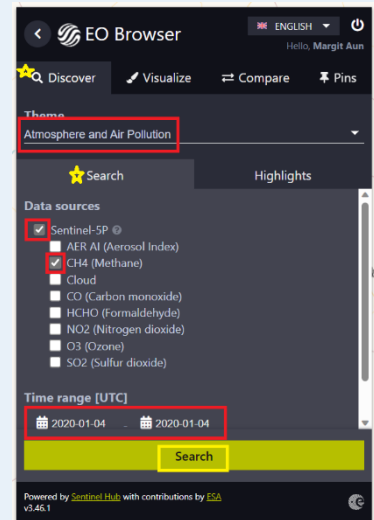
Wählen Sie die beiden nach unten zeigenden Pfeile auf der Registerkarte "Visualisieren", um die Legende zu öffnen.

Nur durch visuelle Schätzung:

Wie hoch ist die Methankonzentration im größten Teil des Gebietes? Etwa 1850 ppb

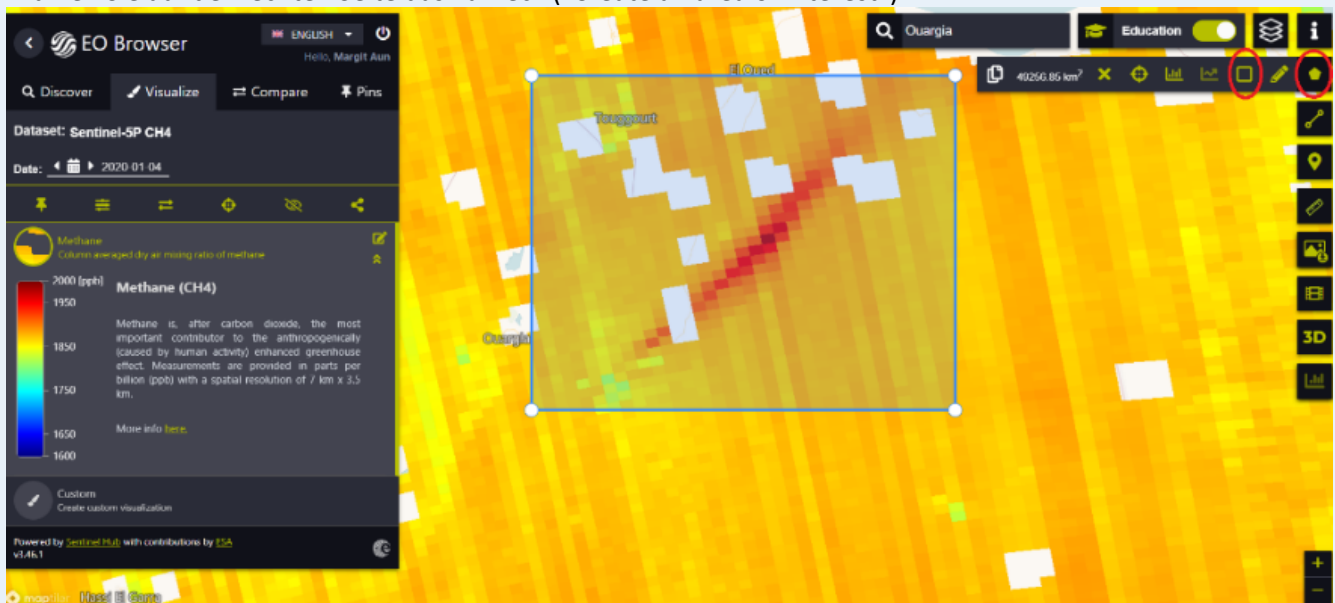
Es gibt einen ausgeprägten Bereich mit roter Farbe. Wie hoch sind die Werte dort? Etwa 1950-2000 ppb

Worauf weist der rote Bereich hin? Hohe Methankonzentrationen, die möglicherweise von einer Punktquelle stammen. Der Wind hat das Gas in ein größeres Gebiet transportiert.



Wählen Sie einen Bereich um die Abgasfahne aus und sehen Sie sich Bilder vom Januar 2020 an, um herauszufinden, wie oft die Abgasfahne sichtbar ist:

Wählen Sie auf der rechten Seite das Fünfeck ("Create an area of interest")



Wählen Sie das Rechteck aus dem Menüband neben dem Fünfeck aus

Klicken Sie auf der Karte auf die linke obere Ecke des Bereichs, ziehen Sie den Pfeil zur rechten unteren Ecke des gewünschten Bereichs und klicken Sie erneut. Die Bereiche werden nicht identisch sein.

Wählen Sie auf der rechten Seite den Button Film (Zeitrafferanimation erstellen)

Wählen Sie in der oberen linken Ecke das Datum aus. 2020.01.01 - 2020.01.31

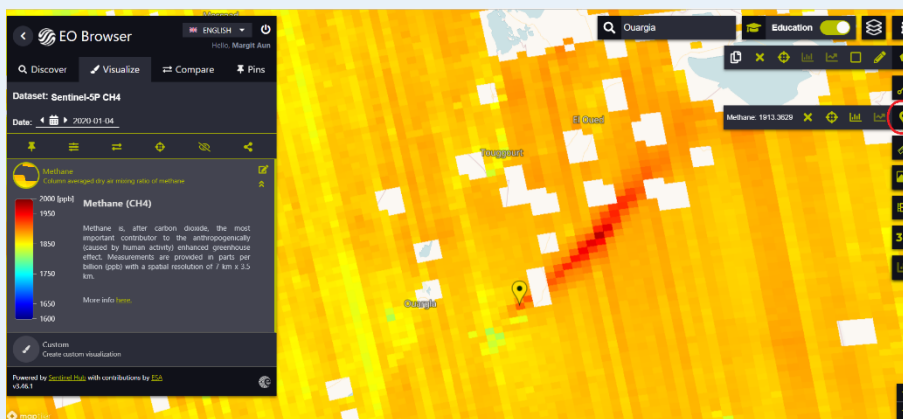
Drücken Sie den Button „Suchen“. Im mittleren Bereich (Visualisierung) erhalten Sie 31 Miniaturbilder mit braunen/dunkelroten Markierungen für fehlende Daten.

Schauen Sie sich die kleinen Bilder an oder drücken Sie auf die Schaltfläche "Abspielen" unter dem großen Bild auf der rechten Seite, um zu sehen, wie oft die Abluftfahne sichtbar ist. An wie vielen von 31 Tagen ist ein hellroter Bereich zu sehen?

Schließen Sie die Zeitraffer (x-Markierung in der oberen rechten Ecke)

Erstellen Sie ein Liniendiagramm der Methankonzentrationen für ein Gebiet/einen Punkt:

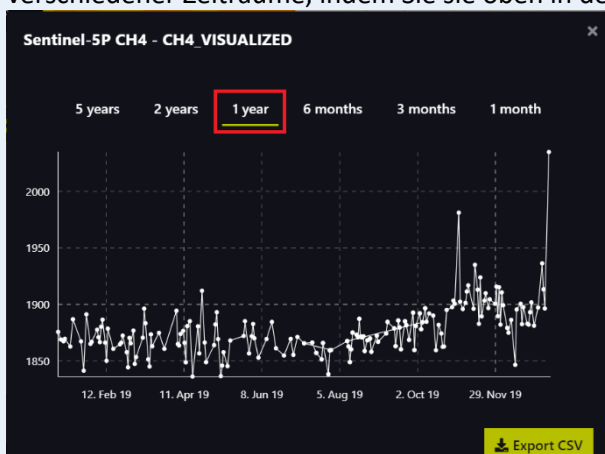
Heben Sie die Markierung der zuvor erstellten Graphen auf (X-Markierung auf dem Band neben dem Fünfeck). Wählen Sie einen Punkt von Interesse (Ballon auf der rechten Seite des Bildschirms). Klicken Sie auf den Anfang der roten Linie auf der Ouargia-Seite. Vergewissern Sie sich durch Ändern des Datums auf der linken Seite, dass der Punkt auch am 8. Januar innerhalb der roten Linie liegen würde.



Wie hoch ist die Methankonzentration am 4. Januar an dem ausgewählten Punkt? Die Werte variieren je nach dem genauen Standort.

Wie hoch ist die Methankonzentration am 8. Januar an dem ausgewählten Punkt? Die Werte variieren je nach dem genauen Standort.

Wählen Sie die statistische Info (Grafik) und betrachten Sie die Konzentrationsveränderungen während verschiedener Zeiträume, indem Sie sie oben in der Grafik auswählen.



Wie ist die Konzentration am 8. Januar im Vergleich zu den anderen Tagen?

Wählen Sie einen neuen Punkt außerhalb des roten Bereichs, um den natürlichen Hintergrundwert zu ermitteln. Wie hoch ist die Konzentration? Die Werte variieren je nach dem genauen Standort. Die Schülerinnen und Schüler können mehrere Punkte auswählen und einen Durchschnitt berechnen.

EXTRA

Schließen Sie das Diagramm und ändern Sie das Datum im Menü auf der linken Seite auf ein späteres Datum (z. B. Januar 2023) und sehen Sie sich 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.

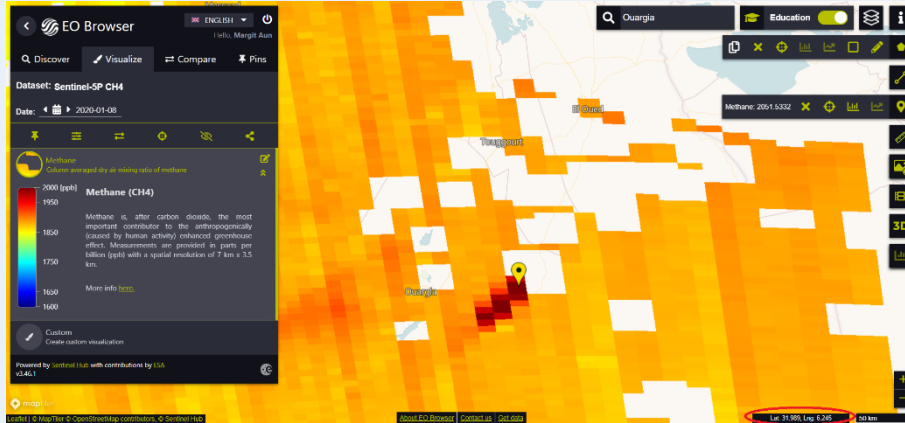
Exportieren Sie die CSV-Datei mit den Daten. Öffnen Sie die Datei in Excel. Unterteilen Sie den Text in Spalten (Komma als Trennzeichen). Nehmen Sie die Spalte mit dem Namen Mittelwert und zeichnen Sie eine Grafik mit diesen Daten.

Führen Sie die gleichen Schritte für einen kleinen Bereich um den ausgewählten Punkt herum durch.

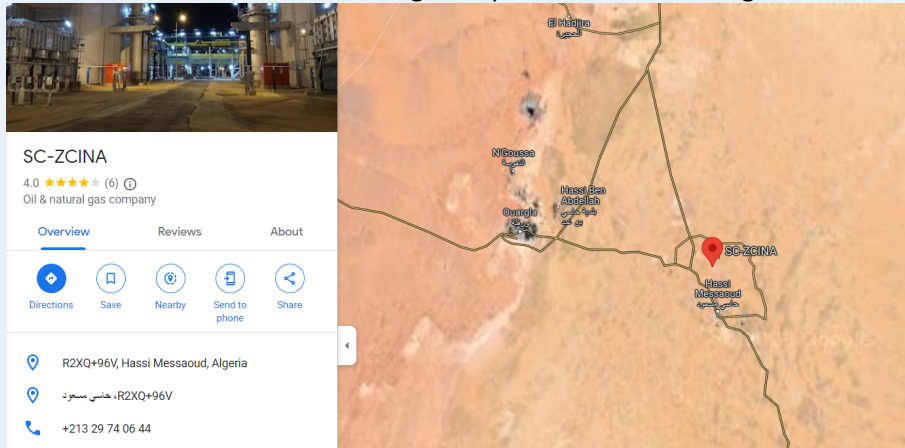
Versuchen Sie, mit Hilfe von Google Maps eine mögliche Quelle der Abgase zu finden.

Überlege, was eine so große Abgasfahne verursachen könnte.

Öffnen Sie Google Maps und suchen Sie den Standort des ausgewählten Punktes auf Google Maps. Sie können die Koordinaten aus dem EO-Browser abrufen, indem Sie die Maus auf den Punkt bewegen und in der rechten unteren Ecke nachsehen.



Zoomen Sie auf das Gebiet in Google Maps und finden Sie mögliche Quellen für die Abgasfahnen



EXTRA

Ermitteln Sie mit EO Browser den durchschnittlichen CH₄-Wert in der Umgebung Ihres Hauses und vergleichen Sie ihn mit den Ergebnissen in Algerien.

Finden Sie große Abgasfahnen in anderen Gebieten. Auf der Karte des Niederländischen Instituts für Weltraumforschung (<https://earth.sron.nl/methane-emissions/>) finden Sie Anregungen, wo Sie suchen könnten.

Quellen und weiterführende Literatur

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>

Voosen, P. 2023. Global alarm system watches for methane. *Science*, 379, 528 - 528
<https://www.science.org/content/article/global-alarm-system-watches-methane-superemitters>

Netherlands Institute for Space Research methane mapping: <https://earth.sron.nl/methane-emissions/>

NOAA Global Monitoring Laboratory methane webpage: https://gml.noaa.gov/ccgg/trends_ch4/

Sentinel-5P website: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-5p>

Copernicus programme website: <https://www.copernicus.eu/en/about-copernicus>