



Was zeigen uns Satelliten-Beobachtungen von Methan?

Übersicht

Themen:	Klimawandel, Methan, Satelliten
Fächer:	Geographie, Chemie, Physik, Naturwissenschaften
Jahrgangsstufe:	9-13
Medien & Material:	interaktives browserbasiertes Grafiktool, Arbeitsblatt
Umfang:	90 min
Leitfrage:	Was zeigen uns Satelliten-Beobachtungen von Methan?

Kompetenzen

Sachkompetenz:

Die SuS...

- ... erläutern das atmosphärische Methan-Mischungsverhältnis.
- ... beschreiben und erklären Veränderungen der Methankonzentration.
- ... kennen den Einfluss verschiedener Faktoren auf die atmosphärische Methankonzentration.

Methodenkompetenz:

Die SuS...

- ... bestimmen und erläutern Veränderungen von Methan-Emissionen mit Hilfe eines interaktiven browserbasierten Grafiktools.
- ... verwenden Satellitendaten, um die Veränderung der Methan-Emissionen zu erläutern und zu berechnen.
- ... erleben den Prozess der Erkenntnisgewinnung, indem sie ihre Ergebnisse diskutieren.

Urteilskompetenz:

Die SuS...

... bewerten eigene Arbeitsergebnisse kritisch mit Bezug auf die zugrunde gelegte Fragestellung.

... beurteilen verschiedene Faktoren auf die Methankonzentration nach fachlichen Kriterien und unter Berücksichtigung eigener Arbeitsergebnisse.

Handlungskompetenz:

Die SuS....

... präsentieren Arbeitsergebnisse sach-, problem- und adressatenbezogen sowie fachsprachlich angemessen.

Lehrplanbezug

Diese Unterrichtseinheit fokussiert die Methodenkompetenz. Eine kurze Ausführung wird anhand des Kernlehrplans Geographie in NRW vorgenommen. Durch das Arbeiten Satellitendaten und einem digitalen Tool wird insbesondere die Methodenkompetenz gefördert. Mit dieser Lerneinheit lassen sich die Teilkompetenzen an das Inhaltsfeld *Lebensräume und deren naturbedingte sowie anthropogen bedingte Gefährdung* anknüpfen, indem eine Beschäftigung mit Methan stattfindet. Die Unterrichtseinheit bietet eine Erweiterung zu *Energieträgern und Energienutzung*.

	Chemie	Geographie
Baden-Württemberg	8-10	11-12
Berlin/Brandenburg	8-10	10-12
Bayern	10-12	11-12
Sachsen	9-10	10-13
Niedersachsen	10-13	10-13
Nordrhein-Westfalen	9-10	10-13

Weitere Informationen

Detaillierte Hintergrundinformationen zu diesem Thema befinden sich im Dokument „Methan_Hintergrundinfos“. Interessierte Lehrkräfte und Schüler:innen können sich die Hintergrundinformationen bei Bedarf anschauen. Referenzen zu den Materialien stehen ebenfalls in dem Dokument.

Digitale Materialien zur Stunde: https://www.iup.uni-bremen.de/carbon_ghg/Clim4Edu/interaktiv/

[Was zeigen uns Satelliten Methan Beobachtungen.html](https://www.iup.uni-bremen.de/carbon_ghg/Clim4Edu/interaktiv/Was_zeigen_uns_Satelliten_Methan_Beobachtungen.html)

Website FIS mit weiteren Lehr-Lern-Materialien zum Klimawandel: <https://www.fis.rub.de>

Aufgabe 6 ist eine Zusatzaufgabe mit einem höheren Anforderungsniveau. Sie ist gedacht für schnelle und leistungsstärkere Schüler:innen. Dafür ist Hintergrundwissen erforderlich, dass durch die Hintergrundinformationen gedeckt wird. Die Aufgabe kann auch als Klausuraufgabe genutzt werden.

Musterlösungen

Leitfrage: Was zeigen uns Satelliten-Beobachtungen von Methan?

Aufgabe 1: Nenne die physikalische Einheit, in der die atmosphärische Methan-Konzentration üblicherweise angegeben wird und erkläre deren Bedeutung. Schaue Dir dafür die Informationen am Anfang des Textes [M1] an.

ppb (parts per billion). Bedeutung: Anzahl der Methan-Moleküle pro eine Milliarde Luftmoleküle (pro Milliarde und nicht pro Billionen!).

Aufgabe 2: Nenne und erkläre wichtige Methanquellen und beschreibe grob die räumliche Verteilung der Methanmenge [M2]. Erläutere, wie viel Methan und wie viel CO₂ in der Atmosphäre ist [M1]. Beachte dabei die Einheiten und vergleiche diese miteinander.

Methanquellen: Sümpfe, Reisfelder, Kohleminen, Öl- und Gasfelder, Mülldeponien, Wiederkäuer. In Sümpfen und Reisfeldern durch mikrobielle Zersetzung, insbesondere wenn es warm und feucht ist.

Räumliche Verteilung: lokale Konzentrationserhöhungen in bestimmten Monaten und bestimmten Regionen. Wichtige Quellregionen sind China und Indien, Sudan, Teile der USA und Russlands.

CO₂ in der Atmosphäre: etwas über 400 ppm; Methan in der Atmosphäre: ca. 1.800 ppb

2 ppm (parts per million) oder 2.000 ppb (parts per billion). Ja, das Verhältnis von 200:1 ist realistisch.

Aufgabe 3: Die Menge des Methans in der Atmosphäre wird durch Quellen (Emissionen) und Senken (insb. chem. Abbau) bestimmt. Wir nehmen an, dass der Methan-Abbau proportional zur vorhandenen Methan-Menge ist. Die Emissionen können sich jedoch fast beliebig ändern. Schau dir dazu die Satellitendaten zum Zeitverlauf an [M1] und lies dir den Text durch [M2]. Beurteile und begründe folgende Fragen:

- a) Was bedeutet es, wenn sich die atmosphärische Konzentration im Laufe der Zeit nicht ändert?
- b) Was bedeutet es, wenn die atmosphärische Konzentration im Laufe der Zeit ansteigt?
- c) Wenn die atmosphärische Konzentration ansteigt, steigen dann auch die Emissionen an?
- d) Welcher Zeitverlauf deutet auf steigende Emissionen hin?

- a) Dann kompensieren sich Quellen und Senken, sie sind also zahlenmäßig gleich groß. Es wird also (im betrachteten Zeitraum) genauso viel Methan in die Atmosphäre durch Methan-Emissionen eingetragen, wie durch Methan-Senken abgebaut wird.
- b) Dann überwiegen die Methan-Quellen im Vergleich zu den Methan-Senken.
- c) Nicht unbedingt. Auch konstante Emissionen können zu einem Anstieg führen und sogar fallende Emissionen, je nach Stärke der Senken.
- d) Wenn die Steigung der Konzentration zunimmt, dann ist dies ein Hinweis auf ansteigende Emissionen. Ob dies wirklich der Fall ist, hängt aber auch von den Senken ab.

Aufgabe 4: Die Satellitendaten [M1] zeigen, dass das mittlere atmosphärische Mischungsverhältnis im Jahr 2009 etwa 1.775 ppb betrug und im Jahre 2022 etwa 1.890 ppb. Berechne den mittleren jährlichen Anstieg des Methans im Zeitraum 2009 bis 2022 in den Einheiten ppb/Jahr und Prozent pro Jahr (%/Jahr).

8.8 ppb/Jahr (= $115 \text{ ppb} / 13 \text{ Jahre}$) bzw. 0.5%/Jahr ($= 115 / (1.775 \cdot 13)$).

Aufgabe 5: Methan wird in der Atmosphäre durch Reaktionen mit anderen Gasen chemisch abgebaut. Die Abbaurate beträgt in etwa 10% pro Jahr. Die Satellitendaten [M1] zeigen, dass es in den Jahren 2003 - 2006 zwar jahreszeitliche Schwankungen der Methankonzentration gab, aber keinen Anstieg von Jahr zu Jahr. Die atmosphärische Konzentration war demnach näherungsweise konstant. Wenn man weiterhin weiß, dass die gesamte Methanmenge in der Atmosphäre etwa 5.500 Millionen Tonnen betrug, kann man dann aus diesen Informationen etwas über die Methanemissionen ableiten? Begründe deine Einschätzung und benenne, was man über die möglichen Emissionen sagen kann.

Ja, hiermit sind Aussagen über Methanemissionen möglich. Wenn jedes Jahr 10% der 5.500 Mio. t Methan abgebaut werden, also 550 Mio. t, aber die atmosphärische Konzentration konstant bleibt, dann müssen auch 550 Mio. t pro Jahr emittiert werden, damit die Methanmenge in der Atmosphäre konstant bleibt.

Musterlösung der Zusatzaufgabe

Zusatzaufgabe: Unter Normalbedingungen von etwa 1.013 hPa Bodendruck auf Höhe des Meeresspiegels ist das Gewicht der Luft etwa 10 Tonnen pro Quadratmeter. Die molare Masse von Luft ist etwa 29 g/Mol und die von Methan 16 g/Mol. Ein Mol sind etwa 6×10^{23} Moleküle (der genauere Wert der Avogadro-Konstanten ist $6,022 \times 10^{23}$ Mol⁻¹).

- a) Begründe, warum die molare Masse von Luft etwa 29 g/Mol beträgt.
- b) Was ist das Gewicht von 1 ppb Methan pro Quadratkilometer? Annahme: die gesamte Luftsäule bis zum Oberrand der Atmosphäre ist gut durchmischt und überall ist das Mischungsverhältnis 1 ppb. Beachte bzgl. Methan: ppb bezeichnet hier das molare Mischungsverhältnis von Methan relativ zur molaren Anzahl der Luftmoleküle (und nicht das Verhältnis der Massen).
- c) Wenn sich auf der gesamten Erde die Methankonzentration um 10 ppb erhöhen würde, welcher Massenzunahme des atmosphärischen Methans entspräche dies dann? (Erdoberfläche: 510 Millionen Quadratkilometer)
- d) Wenn die Satelliten global eine Methanzunahme von 9 ppb/Jahr messen, welcher Zunahme des Methan-Gewichts in der Atmosphäre in Millionen Tonnen Methan pro Jahr entspräche dies und kann dies näherungsweise als entsprechende Zunahme der jährlichen Methan-Emissionen interpretiert werden, wenn der Methanabbau pro Jahr etwa 10% der vorhandenen Menge entspricht?

- a) Luft besteht näherungsweise zu 21% aus Sauerstoff (O₂) und 79% aus Stickstoff (N₂). Ein Mol O₂ wiegt etwa 32 g und ein Mol N₂ wiegt etwa 28 g (siehe Periodensystem der Elemente). Ein Mol Luftmoleküle wiegt daher etwa 29 g/Mol ($= 0.21 \cdot 32 + 0.79 \cdot 28$).
- b) Etwa 5,5 kg CH₄/km²/ppb. Grund: 10 t Luft geteilt durch die molare Masse von Luft (29 g/Mol) ergibt die Anzahl der Mole Luft; dies multipliziert mit 10^{-9} (= 1 ppb) ergibt die Anzahl der Methan-Moleküle entsprechend einem ppb; dies multipliziert mit der molaren Masse von Methan (16 g/Mol) ergibt das entsprechende Gewicht von Methan ($5,5 \times 10^{-9}$ tCH₄/m²/ppb).
- c) 27.540 Mio. kg ($= 5,5 \cdot 10 \cdot 510 \times 10^6$), also etwa 28 Mio. t Methan pro 10 ppb.
- d) 25 Mt CH₄/Jahr ($= 28 \cdot 9/10$, siehe (c)). Näherungsweise entspricht dies der Zunahme der Emissionen. Die wahre Zunahme der Emissionen wird aber etwas geringer sein, da es auch Methan-Senken gibt, insbesondere chemischer Abbau in der Atmosphäre (etwa 10% pro Jahr entsprechend 2,5 Mt von 25 Mt; die Lebensdauer von atmosphärischem Methan beträgt etwa 10 Jahre).

Was zeigen uns Satelliten-Beobachtungen von Methan?

Stundenverlaufsplan

1. Stunde

Zeit	Phase	Unterrichtsgeschehen / Methodisch-didaktischer Kommentar	Sozialform	Medien
< 5 Min	Einstieg	Die SuS entwickeln gemeinsam im Plenum die Leitfrage der Stunde: <i>Was zeigen uns Satelliten-Beobachtungen von Methan?</i> Die Fragestellung der Stunde sollte gut sichtbar an die Tafel geschrieben werden.	Plenum	Tafel
5 Min	Erarbeitung	Erarbeitung der Grundlagen über Methan. SuS erläutern die Bedeutung der atmosphärischen Methan-Konzentration.	EA	AB Nr. 1, M1
10 Min	Erarbeitung	SuS nennen und erläutern Methanquellen und beschreiben die räumliche Verteilung.	EA	AB Nr. 2, M1
5 Min	Zwischensicherung	Im Plenum werden die Ergebnisse der Aufgaben Nr. 3 und 4 präsentiert und sichtbar an die Tafel angeschrieben.	Plenum	Tafel
15 Min	Erarbeitung	SuS arbeiten die Bedeutung der Veränderung der atmosphärischen Methan-Konzentration heraus und verstehen die Rolle von Quellen und Senken dabei. Der Rest der Aufgabe kann in der nächsten Stunde weiterbearbeitet werden.	EA	AB Nr. 3, M1, M2
5 Min	Sicherung	Erste Beantwortung der Leitfrage durch Diskussion der Vermutungen und als Überleitung zur nächsten Stunde.	Plenum	

Was zeigen uns Satelliten-Beobachtungen von Methan?

2. Stunde

Zeit	Phase	Unterrichtsgeschehen / Methodisch-didaktischer Kommentar	Sozialform	Medien
10 Min	Einstieg	Kurze Wiederholung im Plenum, was letzte Stunde gemacht wurde. Wiederholung sorgt dafür, dass auf die Leitfrage eingegangen werden kann: <i>Was zeigen uns Satelliten-Beobachtungen von Methan?</i> Gelegenheit, Aufgabe Nr. 3 weiterzubearbeiten. Überleitung auf Aufgabe Nr. 4.	Plenum	Tafel
10 Min	Erarbeitung	SuS berechnen den mittleren jährlichen Anstieg des Methans.	EA	AB Nr. 4, M1, Tafel
	Sicherung	Das Ergebnis wird kurz diskutiert und an die Tafel geschrieben.	Plenum	
10 Min	Erarbeitung	SuS bestimmen die relative Genauigkeit und diskutieren dessen Bedeutung.	EA	AB Nr. 5, M1
5 Min	Zwischensicherung	Die Ergebnisse der Aufgabe Nr. 5 werden im Plenum präsentiert und diskutiert.	Plenum	
5-10 Min	Sicherung	Im Sinne des Think-Pair-Share beantworten die SuS die Leitfrage der Stunde: <i>Was zeigen uns Satelliten-Beobachtungen von Methan?</i>	Plenum	Tafel