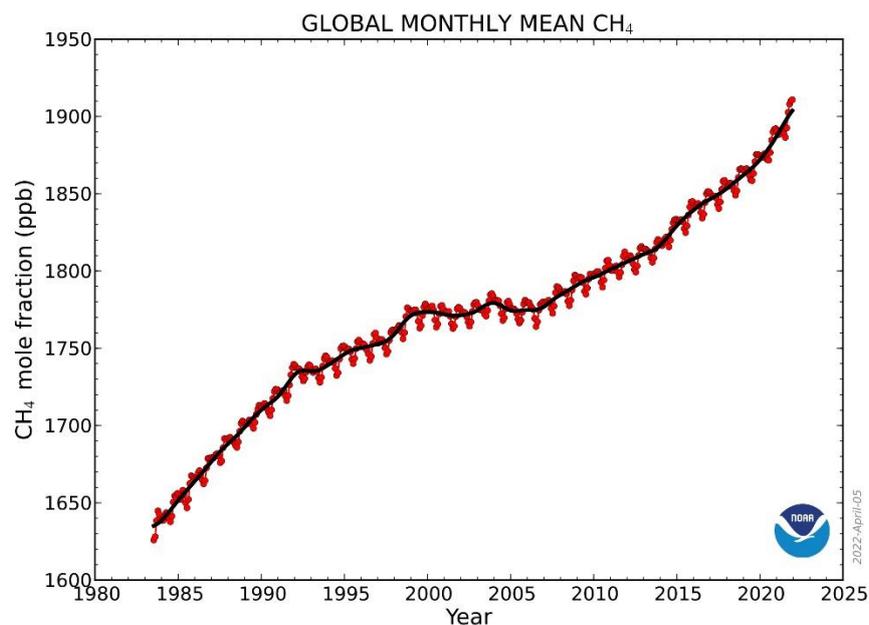


## Klimaschäden durch entweichenden Wasserstoff

In Deutschland hat sich herumgesprochen, dass eine Freisetzung des Gases **Methan** so rasch wie möglich reduziert werden muss. Methan, der Hauptbestandteil von Erdgas und von Biogas, ist das zweitwichtigste Klimagift, gleich hinter Kohlendioxid. Und die Methan-Konzentration in der Atmosphäre steigt immer schneller und bedrohlicher. Dabei war eigentlich vor 2007 nach der Bildung eines Plateaus ein allmählicher Rückgang erwartet worden (Bild).



Die Abbildung zeigt den weltweiten monatlichen Mittelwert von atmosphärischem Methan ([NOAA Global Monitoring Laboratory](#)) (ppb = Milliardstel). Bis zum Jahr 2007 bestand die Hoffnung, dass die Methan-Konzentration nach einer Abflachung abnehmen würde. Stattdessen steigt die Konzentration seither immer steiler an. Insgesamt stieg die Konzentration 2021 erstmals über 1900 ppb, fast das Dreifache im Vergleich zum Niveau vor der Industrialisierung.

Die wichtigsten Quellen von Methan sind zum einen natürliche Feuchtgebiete, vor allem in den Tropen. Zum anderen entsteht Methan beim Anbau von Reis auf Nassfeldern und bei der Verdauung von Wiederkäuern. Eine weitere Methanquelle ist vor allem die Energieproduktion. Bei der Förderung und Verteilung von Erdgas kann viel Methan freigesetzt werden, besonders beim Einsatz der Fracking-Methode wie in den USA. Auch bei der Förderung von Erdöl und Steinkohle wird Methan emittiert.

Menschengemachte Quellen wie die Öl-, Kohle- und Gasförderung, die Massentierhaltung und Mülldeponien sorgen also für mehr als die Hälfte der Methanemissionen. Reduktion der Freisetzung von Methan sowie die Suche nach Methan-Lecks und deren Schließung gelten daher zumindest in der EU als äußerst dringlich.

Vor Jahrzehnten wurde Erdgas zu einer „Brücke“ in eine klimaneutrale Zukunft erklärt. Schon damals hätte intensiv untersucht werden müssen, welche Folgen sich aus entweichendem Methan für das Klima ergeben und wie Lecks so gut wie möglich vermieden werden können.

## **Auch entweichender Wasserstoff schadet dem Klima**

Dass auch Freisetzen von Wasserstoff schädlich für das Klima sind, wird erst allmählich bekannt. Im Unterschied zur Nutzung von Erdgas müsste der geplante sehr rasche Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft von Anfang an so vollzogen werden, dass der Vermeidung von Wasserstoff-Lecks bei Erzeugung und Anwendung von Wasserstoff große Beachtung geschenkt wird.

Der Aufbau einer **Wasserstoffwirtschaft** steht noch in den Startlöchern, hat aber eine bedeutende Zukunft. Die Europäische Kommission stellte im Jahr 2020 ihre [Wasserstoffstrategie](#) vor. Dabei nannte sie Schätzungen, denen zufolge 24 Prozent der weltweiten Energienachfrage bis 2050 mit sauberem Wasserstoff gedeckt könnten.

In Hamburg soll von der **Gasnetz Hamburg GmbH** ein eigenständiges großes [Wasserstoffnetz HH-WIN](#) aufgebaut werden, das auch [überregional](#) vernetzt werden soll. Mit dem Bau soll [bereits 2023](#) begonnen werden. Dieses kommunale Unternehmen und die Hamburger Umweltbehörde BUKEA müssten eigentlich großes Interesse an neuen wissenschaftlichen Ergebnissen zur Klimaschädlichkeit von Wasserstoff haben.

Die Beantwortung einer Schriftlichen Kleinen Anfrage des Bürgerschaftsabgeordneten der LINKEN Stephan Jersch in der Bürgerschaftsdrucksache [Drs. 22/8776 „Klimaschädigung durch Emission von Wasserstoff“](#) zeigt jedoch ein verblüffendes Desinteresse des Senats.

Im Vorspann zu seiner Anfrage ging Jersch auf die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse zum **Treibhauspotenzial von molekularem Wasserstoff** ein. Diese ergaben, dass freigesetzter Wasserstoff mehr als doppelt so klimaschädlich ist als aus früheren Berechnungen folgte. Dann fragte Jersch den Senat, wie dieser die Problematik der Klimaschädigung durch Wasserstoff-Freisetzung unter den Randbedingungen der gegenwärtig angewandten Technologien beim Einsatz von Wasserstoff im Verkehr, in der Industrie und bei Transport und Speicherung von Wasserstoff beurteile.

## **Der Hamburger Senat winkt ab**

Der Senat reagierte uninteressiert bis abweisend:

„Das Kyoto-Protokoll nennt die entscheidenden Treibhausgase, die maßgeblich zum Klimawandel beitragen. Dazu gehören neben Kohlendioxid, Methan und Lachgas auch fluorierte Kohlenstoffverbindungen (F-Gase). Der IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) bezieht in seine aktuellen Betrachtungen weitere Treibhausgase und Aerosole ein, Wasserstoff gehört bislang aber nicht dazu. Der Senat sieht keine Veranlassung, von den Bewertungen des IPCC abzuweichen.“

Mit anderen Worten: Was interessieren den Senat neue wissenschaftliche Erkenntnisse? Er hält sich an das Kyoto-Protokoll und an die bisherigen Veröffentlichungen des Weltklimarats IPCC.

Die Liste der „entscheidenden Treibhausgase“ des [Kyoto-Protokolls](#) ist bald 20 Jahre alt. Eine Bewertung des IPCC zur neuen hochinteressanten im April 2022 veröffentlichten Arbeit über das Treibhauspotenzial von Wasserstoff kann es noch gar nicht geben, da der IPCC in seinem zum letzten Assessment Report (AR6 –Technical Summary) Literatur nur bis zum 31. Januar 2021 berücksichtigte!

Die Antwort des Senats erinnert fatal an das vielfach angeprangerte Verhalten internationaler Öl- und Gaskonzerne, die zwar frühzeitig von der Klimaschädlichkeit von CO<sub>2</sub> wussten, aber systematisch und anhaltend Zweifel an den wissenschaftlichen Grundlagen säten.

### Wie klimaschädlich ist freigesetzter Wasserstoff?

Wasserstoff wird beispielsweise im Wikipedia-Beitrag „[Treibhauspotential](#)“ in einer Liste der „Bedeutenden Treibhausgase“ aufgeführt. Als GWP-100 (global warming potential über 100 Jahre) wird der Wert 4,3 angegeben, als Lebensdauer in der Atmosphäre 4 – 7 Jahre.

Im April 2022 wurde eine Untersuchung veröffentlicht, die im Auftrag des [Department for Business, Energy and Industrial Strategy](#) (BEIS) der britischen Regierung von der Universität Cambridge und dem National Centre for Atmospheric Sciences an der Universität Reading durchgeführt wurde: [Warwick et al.: Atmospheric implications of increased Hydrogen use](#).

Die Studie gibt für einen Zeithorizont von 100 Jahren ein Treibhauspotenzial von  $11 \pm 5$  an, zweieinhalb-mal größer als das bisherige. Für den in diesem Fall wichtigeren Zeithorizont von 20 Jahren wurde ein Treibhauspotenzial von 33 ermittelt, in einem Unsicherheitsbereich von 20 bis 44 (Seite 54 der Forschungsarbeit). Bezogen auf einen Zeitraum von 20 Jahren ist die Emission von Wasserstoff also etwa 33-mal klimaschädlicher als die von CO<sub>2</sub>.

Die entsprechenden GWP-Werte des zweitwichtigsten Treibhausgases Methan sind nach Angaben des IPCC GWP-100 = 30 und GWP-20 = 85 (fossiles Methan). Der Vergleich zwischen Methan und Wasserstoff zeigt, dass die Schädigung des Klimas durch Freisetzung von molekularem Wasserstoff im Rahmen einer zukünftigen umfangreichen Wasserstoffwirtschaft sehr ernst genommen werden muss.

Die Wissenschaftler:innen kamen zum Ergebnis: "Das Entweichen von Wasserstoff in die Atmosphäre während der Produktion, der Speicherung, der Verteilung und der Nutzung wird einige der Vorteile einer wasserstoffbasierten Wirtschaft teilweise wieder zunichtemachen."

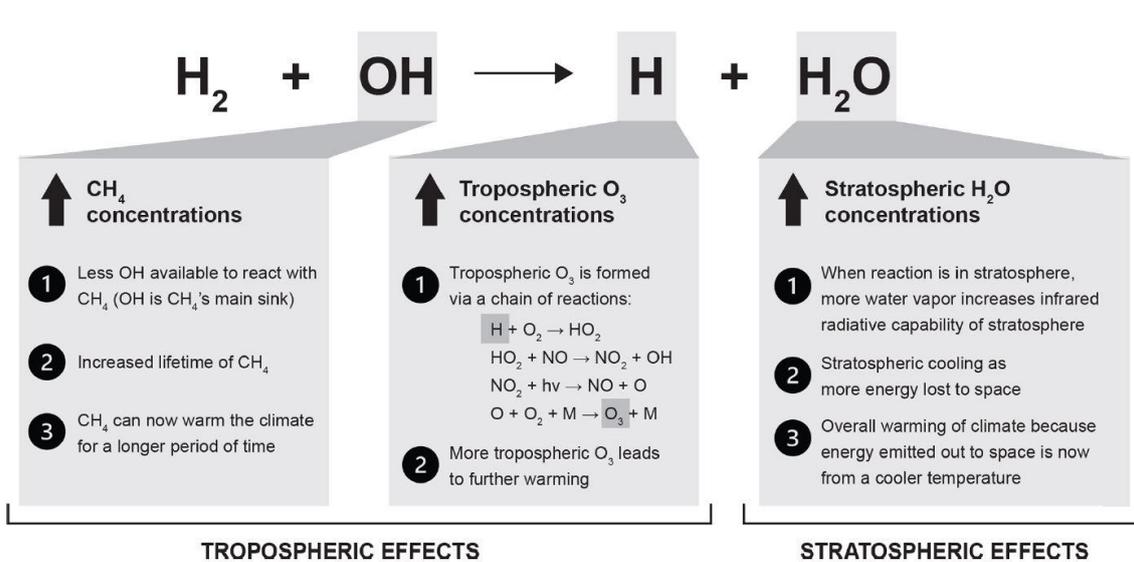
Beim Ersatz von fossilen Energieträgern durch grünen Wasserstoff lassen sich Treibhausgas-Emissionen stark reduzieren. Umfangreiche Freisetzungen von Wasserstoff würden diese Vorteile verringern. Die Verwendung von [Wasserstoff mit anderen „Farben“](#) ist ohnehin derjenigen von grünem Wasserstoff unterlegen.

Die im Vergleich zur bisherigen Beurteilung von Wasserstoff erhöhten Werte des Treibhauspotenzials ergaben sich durch die Berücksichtigung von **indirekten Treibhauseffekten**: Methan wird durch die Einwirkung von OH-Ionen abgebaut.

OH-Ionen ([Hydroxyl-Radikale](#)) entstehen in der [Troposphäre](#) aus Ozon und Wassermolekülen beim Auftreffen von [Ultraviolett-Strahlen](#). Sie sind für den Abbau vieler [Spurengase](#) verantwortlich und werden daher als *Waschmittel der Atmosphäre* bezeichnet.

Molekularer Wasserstoff reagiert mit OH-Ionen, verringert deren Konzentration und dadurch auch den Abbau des atmosphärischen Methans. Wasserstoff verlängert auf diese Weise die Lebensdauer des Methans.

Wasserstoff reagiert auch mit Sauerstoff, wobei troposphärisches Ozon gebildet wird, und hinterlässt Wasserdampf in der Stratosphäre (Bild). Beides trägt ebenfalls zum Treibhauseffekt bei.



Das Bild aus [Ocko et al., Climate consequences of hydrogen emissions](#) zeigt die chemischen Reaktionen in der Troposphäre und in der Stratosphäre, die zu einem Anstieg der Konzentrationen von Methan (CH<sub>4</sub>), Ozon (O<sub>3</sub>) und Wasserdampf (H<sub>2</sub>O) führen.

### Fragen an die Gasnetz Hamburg GmbH zum Wasserstoffnetz

In seiner Senats-Anfrage interessierte sich Jersch insbesondere für das von GNH geplante Wasserstoffnetz HH-WIN.

Frage 3:

„Mit welchen Leckageraten rechnet Gasnetz Hamburg beim zukünftigen Wasserstoffnetz HH-WIN im normalen Betriebszustand?“

Antwort zu Frage 3:

„Im zukünftigen Wasserstoffnetz HH-WIN werden keine Leckageraten erwartet. Es handelt sich um technisch dichte Stahlleitungen, für die nach dem DVGW-Regelwerk G221, Kapitel 8.5.1 keine Permeation/Gasdurchlässigkeit für Wasserstoff nachzuweisen ist. Zudem richtet sich GNH beim Bau der Wasserstoffleitungen nach dem Regelwerk G463 (Bau von Leitungen > 16 bar). Zusätzlich werden alle Anlagenkomponenten speziell auf den Betrieb mit Wasserstoff ausgelegt und die Tauglichkeit wird vom jeweiligen Hersteller bescheinigt, sodass auch hier keine Leckagen zu erwarten sind.“

„Keine Leckageraten“ – Ganz anders klingt die Antwort auf Frage 8:

„Welche Untersuchungen und Entwicklungen laufen, um gegenwärtige Freisetzungen von H<sub>2</sub> in Zukunft zu vermeiden oder wenigstens zu verringern?“

Antwort zu Frage 8:

„Konkrete Erkenntnisse dazu liegen der zuständigen Behörde nicht vor.

Neben einem kriechenden Entweichen über Dichtungen (in Rohrleitungen, Armaturen oder Behältern) ist die Diffusion von Wasserstoff durch das jeweilige

## Klimaschäden durch entweichenden Wasserstoff

Wandungsmaterial ein Problem, welches zu Freisetzungen beiträgt, wie sie in den referenzierten Ausarbeitungen angegeben werden. ...“

Also: Erst keine Leckageraten im zukünftigen Wasserstoffnetz HH-WIN, dann aber Probleme mit dem Entweichen über Dichtungen und die Diffusion von Wasserstoff durch das jeweilige Wandungsmaterial!

□ Jersch wollte wissen, wie die beim Netz HH-WIN eingesetzten bisherigen Erdgasleitungen für den Wasserstoff-Transport vorbereitet werden.

Antwort auf diese Frage:

„In der jetzigen Planungsphase handelt es sich um einen **vollständigen Neubau**. Die Umwidmung von bestehenden Erdgasleitungen zur Wasserstoffnutzung ist nicht vorgesehen.“

Wer sich die Mühe macht, die Planungen zu HH-WIN genauer anzusehen, findet keineswegs einen „vollständigen Neubau“, schon gar nicht für das gesamte geplante Wasserstoffnetz:

Im „[Netzplan von HH-WIN](#)“ steht: „Die Erweiterung des Wasserstoffnetzes HH-WIN in Ausbaustufe 2 (bis 2035) wird **größtenteils durch Umstellung bestehender Leitungen** erfolgen.“

Konkrete Zahlen gibt es im „[Faktenblatt zu HH-WIN](#)“:

Für 20 km in 2021-2026 (Ausbaustufe 1): Umstellungsquote „unter 10 %“

für weitere 40 km in 2027-2030 (Ausbaustufe 1): Umstellungsquote „über 10 %“

für weitere 40 km in 2031-2035 (Ausbaustufe 2): Umstellungsquote „über 60 %“

□ „Wie untersucht Gasnetz Hamburg Leitungen auf Wasserstoff-Lecks?“ wollte Jersch wissen.

Antwort: „Bisher betreibt GNH keine Wasserstoffleitungen und hat folglich **keine Expertise** zur Untersuchung von Wasserstoffleitungen auf Leckagen.“

Auf einer Internetseite von GNH wird aber das Projekt [mySmartLife](#) beschrieben, in dem dem Erdgas bis zu 30 Prozent Wasserstoff beigemischt wird. GNH: „Dadurch sammelt das Projekt wertvolle Erfahrungen im Wasserstoff-Mischbetrieb einer als Erdgas-Infrastruktur errichteten Wärmeversorgung.“ Untersuchungen auf Wasserstoff-Leckagen gehört offenbar nicht dazu.

Das ist erstaunlich. Denn GNH plant nach wie vor, über das reine Wasserstoffnetz HH-WIN hinaus sukzessive [dem gesamten Hamburger Gasnetz Wasserstoff beizumischen](#), am Ende 100 Prozent. Die Nutzung dieses, teilweise in die Jahr gekommenen Gasnetzes kann auch bei erheblichen Umbauten zu beträchtlichen [Leckagen von Wasserstoff](#) führen. Denn Wasserstoff ist ein viel kleineres Molekül als Methan und tritt daher viel leichter aus bestehenden Erdgasleitungen aus, insbesondere an Verbindungsstellen.

## Lebenszyklusanalysen für den Einsatz von Wasserstoff

Auf seine Frage, wie viel Wasserstoff bei den derzeit gängigen **Elektrolyseverfahren** relativ zur Menge des erzeugten Wasserstoffs freigesetzt wird, erfuhr Jersch ohne Angabe einer Quelle:

„Die derzeit gängigen Elektrolyseverfahren weisen eine freigesetzte Menge an Wasserstoff von weniger als 1 Prozent im Verhältnis zur produzierten Menge an Wasserstoff auf.“

Bei der Bewertung zukünftiger Wasserstoff-Freisetzung ist natürlich weit über die Leckagen bei der Wasserstoff-Erzeugung und in Verteilnetzen hinauszugehen. Was kommt bei einer **Lebenszyklusanalyse** hinzu?

Wird beispielsweise grüner Wasserstoff in einem vorgesehenen Projekt zur Ammoniak-Herstellung in einem namibischen Wüstengebiet erzeugt, dann sind folgende Wasserstoff-Freisetzung bei der Produktion, der Speicherung, der Verteilung und der Nutzung zu betrachten:

- Produktion von Wasserstoff,
- Umwandlung in Ammoniak,
- Transport nach Rotterdam oder nach Wilhelmshaven,
- Rückverwandlung von Ammoniak in Wasserstoff,
- Speicherung in einem Wasserstoff-Kavernenspeicher,
- Wasserstoff-Fernverteilnetz nach Hamburg,
- Wasserstoff-Verteilnetz HH-WIN und
- Nutzung des Wasserstoffs.

Eine ebenfalls im Auftrag des BEIS durchgeführte Untersuchung [Frazer-Nash Consultancy, Fugitive Hydrogen Emissions in a Future Hydrogen Economy](#) führt Leckageraten für ausgewählte Phasen des Lebenszyklus von Wasserstoff auf. Besonders hoch sind hier die erwartenden Freisetzungen bei der Anwendung von Wasserstoff im Verkehr (Brennstoffzellen und oberirdische Wasserstoffspeicher).

## Warum steigt die Methan-Konzentration immer stärker an?

Die Klimaschädigung durch Wasserstoff-Leckagen liefert natürlich keine Erklärung für den rasanten Anstieg der Konzentration von Methan in der Atmosphäre, nach der schon lange gesucht wird.

Schon [vor drei Jahren](#) bestand der Verdacht, dass eine Abnahme der atmosphärischen Konzentration des Hydroxyl-Radikals OH am Anstieg der Methan-Konzentration beteiligt ist. Das Hydroxyl-Radikal lässt sich nur sehr schwer direkt untersuchen, weil es extrem kurzlebig ist. Die Forscher können nur indirekte Rückschlüsse auf seine Konzentration ziehen.

Hinweise auf Erklärungen gibt nun eine wissenschaftliche Arbeit aus Singapur, die am 23. Juni 2022 in *nature communications* veröffentlicht wurde ([Cheng and Redfern, Impact of interannual and multidecadal trends on methane-climate feedbacks and sensitivity](#)).

In den letzten vier Jahrzehnten gesammelte Daten zur Auswirkung von Veränderungen von Temperatur und Regen auf den Gehalt an Methan in der Atmosphäre zeigen, dass die

Methankonzentration in der Atmosphäre viermal stärker auf die globale Erwärmung reagiert als bisher im IPCC-Bericht AR6 angenommen.



Dass steigende Temperaturen die Permafrostböden in Polarregionen auftauen, was mehr Methan entweichen lässt, ist schon länger bekannt. Stärkere Beachtung verdient nun aber die Absenkung des Oxidationsmittels Hydroxyl-Radikale. OH reagiert mit Kohlenmonoxid (CO), das beispielsweise durch die zunehmenden Waldbrände entsteht. Große Waldbrände reduzieren also die [Selbstreinigungskräfte der Atmosphäre](#) und verstärken so die Erderwärmung, die wiederum mehr Waldbrände verursacht.

Die Folge der von Cheng und Redfern untersuchten kombinierten Effekte ist, dass Methan länger in der Atmosphäre bleibt, wenn die Erdtemperatur als Folge des Klimawandels ansteigt. Die Klimakrise kann so noch gefährlicher und extremer werden als bisher gedacht.

6. August 2022