

Energiegase: Methan, Biogas, Wasserstoff, Synthesegase.

Von den Versorgungsgrundlagen der klassischen Gaswirtschaft bis zu den H₂-Innovationen zum Erreichen der Pariser Klimaziele und der Resilienz-Anforderungen des Green Deals

Teil 11 – Methanemissionen

Prof. Dr. Gerald Linke
CEO Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches

INHALTSVERZEICHNIS

- A Hintergrund
- B Treibhausgaseffekt und global Warming
- C Methanemissionen: Herkunft und Mengen
- D Minderungsmaßnahmen
- E EU-Methan-Messprogramme und – Methodologien & globale Initiativen (satelliten-basiert) und Berichterstattung
- F Regulatorische Vorgaben: EU-Methanstrategie
- G Treibhausgaseffekt von Wasserstoff

A Hintergrund

- ➔ Methanemissionen: Ein Thema für social media, Politik und wissenschaftlicher Auseinandersetzungen

Das Thema der Methanemissionen ist ein höchst politisches, bei dem Fakten häufig eine untergeordnete Rolle spielen

Der *Environmental Defense Fund* (EDF) und die Universität Utrecht haben mit neuen Messtechnologien den **Methanschlupf in Hamburg** ermittelt.

 [Zum EDF-Positionspapier](#)



SPIEGEL Wissenschaft

"Gasspürer" suchen nach Lecks

Insgesamt rund 286 Tonnen Methan gelangen jährlich allein über das Hamburger Gasnetz in die Atmosphäre, haben die Forscher ermittelt. Das entspricht gut 24.600 Tonnen CO₂, wenn man die Klimawirkung des Methans über zwanzig Jahre betrachtet.

Rechnet man die Daten aus Hamburg auf das Bundesgebiet hoch, kommt man auf Emissionen in einer Größenordnung von 1,3 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten. Die Arbeit des Forscherteams wurde vom Uno-Umweltprogramm Unep, von der EU sowie vom EDF finanziert. Sie befindet sich derzeit im Peer-Review-Prozess.

Hinter der Studie verbirgt sich eine gute Nachricht: Mit dem Aufspüren und Abdichten der Lecks lässt sich mit vergleichsweise wenig Aufwand viel für den Klimaschutz gewinnen.

Die Gasnetzbetreiber bemühen sich zwar, Lecks zu finden und zu schließen. Das städtische Unternehmen Gasnetz Hamburg, das für die Leitungen in der Hansestadt zuständig ist, beschäftigt acht "Gasspürer". Sie laufen jedes Jahr rund ein Drittel des 7900 Kilometer langen Rohrnetzes mit hochempfindlichen Sonden ab, teilt ein Unternehmenssprecher mit.

Der weit getaktete Prüfrhythmus der Gasspürer führt allerdings dazu, dass Methan im ungünstigsten Fall mehrere Jahre lang ungehindert in die Atmosphäre entweichen kann.

Methanemissionen werden verstärkt in den Medien und sozialen Medien aufgegriffen

Constantin Zerger
@ConstZerger

Unsere #Gas-Netze sind löchrig, es entweicht weitaus mehr klimaschädliches #Methan als gedacht. Dies ist das Ergebnis einer neuen Studie unserer Partner vom @EDFEnergyEX. Die Lecks müssen geschlossen werden - und fossiles #Erdgas darf keine Zukunft haben!



Klimawandel durch Methanlecks: Kleine Löcher, großer Schaden - DER SPIEGEL - ...
Eine neue Studie zeigt, dass aus den Gasnetzen der Städte viel Methan in die Atmosphäre entweicht. Das Gas schädigt das Klima weitaus mehr als Kohlendioxid.
🔗 [spiegel.de](https://www.spiegel.de)

1:41 nachm. · 20. Aug. 2020 · [Twitter Web App](#)

14 Retweets · 2 Zitierte Tweets · 34 Gefällt mir · Angaben

INTERVIEW MIT CHRISTIAN BUSSAU, GREENPEACE

"METHANLECKS IN DER NORDSEE SIND BESORGNISERREGEND"

GAS & WÄRME · Add-on · 19.08.2020 · 14:19



Die Bohrplattform ist längst weg, aber immer noch sprudelt Methan aus dem Meeresboden. (Foto: Greenpeace)

Hamburg (energate) - Die Umweltorganisation Greenpeace dokumentiert mit ihrem Forschungsschiff Esperanza Methan-Lecks und Ölverschmutzungen in der Nordsee. Ihr Schwesterschiff Rainbow Warrior hat unterdessen einen Ölteppich in der Nähe der BP-Plattform "Andrew" entdeckt und am 18. August vier Aktivisten zur Ölplattform "Dan Bravo" in dänische Gewässern gebracht. Mit der Besetzung fordern sie ein sofortiges Verbot jeder weiteren Erschließung von Öl und Gas in Dänemark. energate sprach mit dem Biologen Christian Bussau, der sich seit 1994 bei Greenpeace für das Thema engagiert und selbst noch diese Woche an Bord der Esperanza gehen wird.

energate: Herr Bussau, was bezwecken Sie mit dem Einsatz der beiden Schiffe in der Nordsee?

DER SPIEGEL
@derspiegel

Die Deutsche Umwelthilfe will Nord Stream 2 nachträglich die Betriebserlaubnis entziehen lassen. Nach Darstellung des Vereins tritt aus der Pipeline unkontrolliert das Klimagas Methan aus.



Umwelthilfe will Nord Stream 2 mit Klage stoppen - DER SPIEGEL - Wirtschaft
Die Deutsche Umwelthilfe will Nord Stream 2 nachträglich die Betriebserlaubnis entziehen lassen. Nach Darstellung des Vereins tritt aus der Pipeline unkontrollie...
🔗 [spiegel.de](https://www.spiegel.de)

4:46 nachm. · 5. Aug. 2020 · [TweetDeck](#)

12 Retweets · 5 Zitierte Tweets · 59 Gefällt mir · Angaben

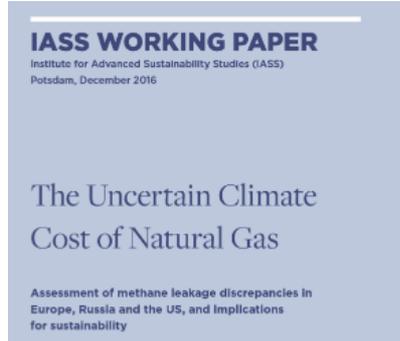
Ein Großteil der Berichterstattung fokussierte dabei insb. auf die Gas-Abhängigkeit Europas von Russland

März 2016



Quelle: <http://www.transportenvironment.org/press/natural-gas-vehicles-expensive-ineffective-way-cut-car-and-truck-emissions-not-bridge-fuel>.

Dezember 2016



Quelle: http://www.iass-potsdam.de/sites/default/files/files/wp_dec_2016_en_uncertain_climate_cost_of_natural_gas.pdf

November 2017



Quelle: http://www.foeeurope.org/sites/default/files/extractive_industries/2017/can_the_climate_afford_europes_gas_addiction_report_november2017.pdf

Januar 2018

Op-Ed: Natural gas is part of the climate problem, not the solution

BY KAREN GRAHAM 17 HOURS AGO IN ENVIRONMENT

LISTEN | PRINT

Quelle: <http://www.digitaljournal.com/news/environment/natural-gas-is-part-of-the-climate-problem-not-the-solution/article/513434>

So moniert das Potsdamer *Institute for Advanced Sustainability Studies* (IASS):



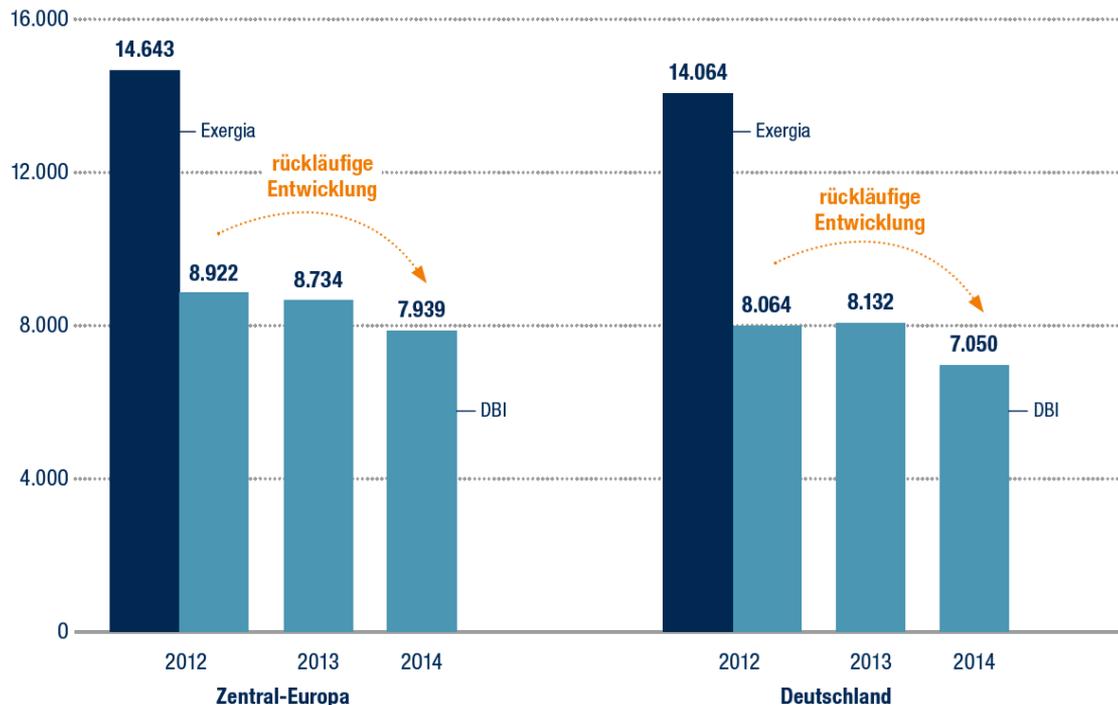
*Der **Mangel an Daten zu Methanemissionen in Gassystemen** weltweit bedingt, dass die Klimabilanzen der unterschiedlichen europäischen Gasquellen [...] nicht eindeutig sind. [...] Unserer Ansicht nach ist dies zum einen auf die ausgeprägten Unsicherheiten zurückzuführen, die aus den **uneinheitlichen Methoden** resultieren, zum anderen auf die **unsachgemäßen Berichte und Messungen** sowie **Wissenslücken** im Hinblick auf Methanemissionen während der Gasproduktion, die noch immer nicht geschlossen werden konnten.*

[Zum IASS-Papier](#) 

Auf der EU-Ebene haben unterschiedliche Datensätze bereits zu wissenschaftlichem Konflikt geführt

1000 g pro GJ entspricht
3,6 g pro kWh

g CO₂-Äquivalent/GJ



▶ So **widerspricht** etwa das **DBI** den Methanemissions-Daten **einer Studie des Instituts Exergia**, die von der EU-Kommission beauftragt wurde.

▶ In Wahrheit seien die **Methanemissionen** der Gaswirtschaft für Zentral-Europa und Deutschland viel **geringer als angenommen**.

▶ Der Grund: Die **Exergia-Studie** habe **veraltete Eingangsdaten** für den Gastransport bis zur Grenze von Deutschland sowie für den Gastransport und die Gasverteilung innerhalb Deutschlands verwendet.

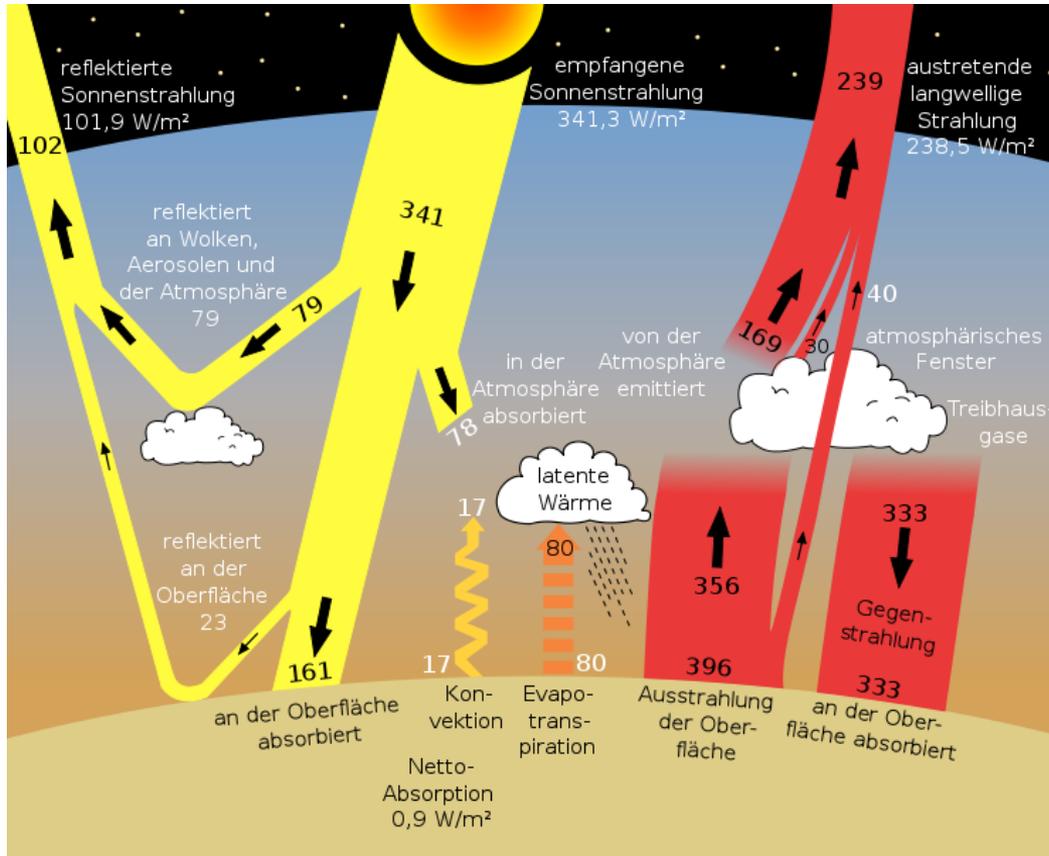
▶ Die Bewertung der Exergia-Studie durch das DBI wurde **vom Umweltbundesamt (UBA)** wiederum **überprüft und bestätigt**.

[Zur DBI-Studie geht es hier](#)

B Treibhausgaseffekt und global Warming

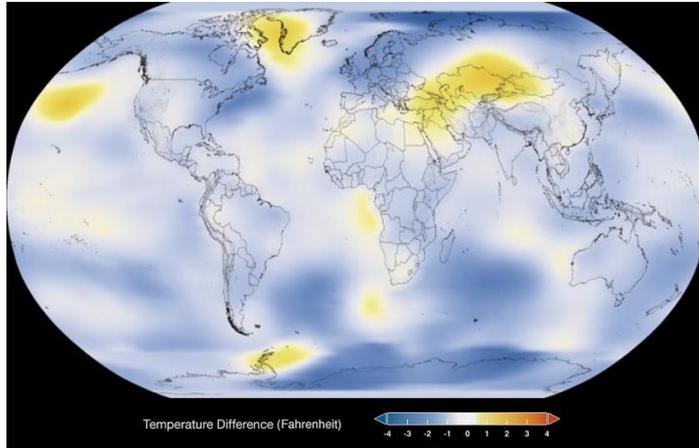
- ➔ Erklärung des sog. Treibhausgaseffekts
- ➔ Globale Temperaturerhöhung seit Beobachtungsbeginn
- ➔ Erwärmungs-Szenarien und CO₂-Budget-Kalkulationen
- ➔ Das Global-Warming-Äquivalent von Stoffen wie Methan
- ➔ Gegenwärtige Konzentrationen von Methan in der Atmosphäre

Treibhausgaseffekt: Grundlagen



Quelle: Trenberth, Fasullo and Kiehl (2009): *Earth's global energy budget*. In: Bulletin of the American Meteorological Society, preprint [Kiehl and Trenberth 2009](#), based on [Kiehl and Trenberth 1997](#)

Veränderung der globalen Durchschnittstemperaturen zwischen 1966 und 2016

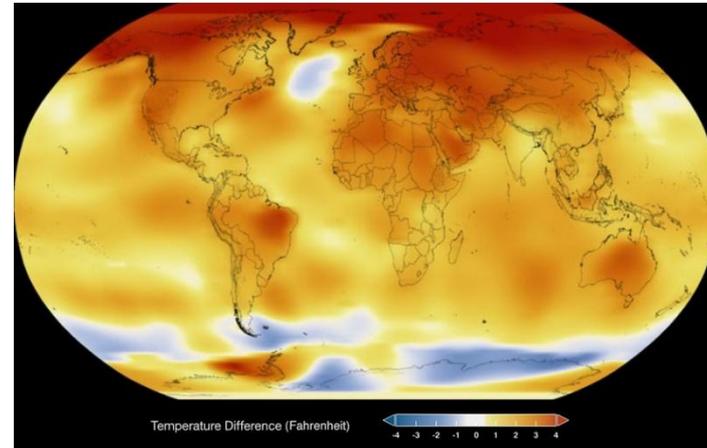


► 1884 ————— ◻ 2016

This color-coded map shows a progression of changing global surface temperatures since 1884. Dark blue indicates areas cooler than average. Dark red indicates areas warmer than average.

Data source: NASA/GISS
Credit: NASA Scientific Visualization Studio

Quelle: https://climate.nasa.gov/climate_resources/25/



► 1884 ————— ◻ 2016

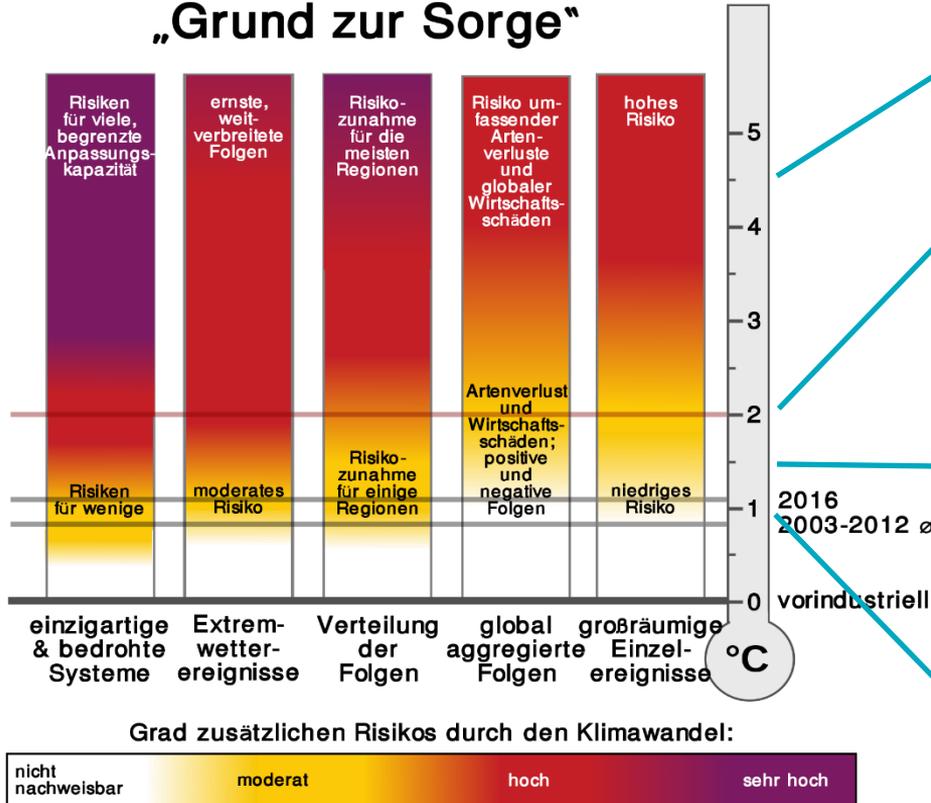
This color-coded map shows a progression of changing global surface temperatures since 1884. Dark blue indicates areas cooler than average. Dark red indicates areas warmer than average.

Data source: NASA/GISS
Credit: NASA Scientific Visualization Studio

$\Delta 4^\circ \text{ Fahrenheit} = \Delta 2,224^\circ \text{ Celsius}$

- 1966: Start der ersten Wetterbeobachtungssatelliten (ESSA-3)
- Derzeitige Durchschnittserwärmung etwa $1,1^\circ\text{C}$ über vorindustriellem Niveau
- Erwärmung der Landmassen und Pole deutlich stärker als das globale Mittel

„Grund zur Sorge“



Business-as-usual (Trend) ~4-5°

2°-Ziel: Verschärfung auf 1,5°-Ziel, da die Risiken hier bereits zu hoch sind

1,5°-Ziel: In Paris vereinbart, Risiken durch Klimawandel noch moderat

2016
2003-2012 ø

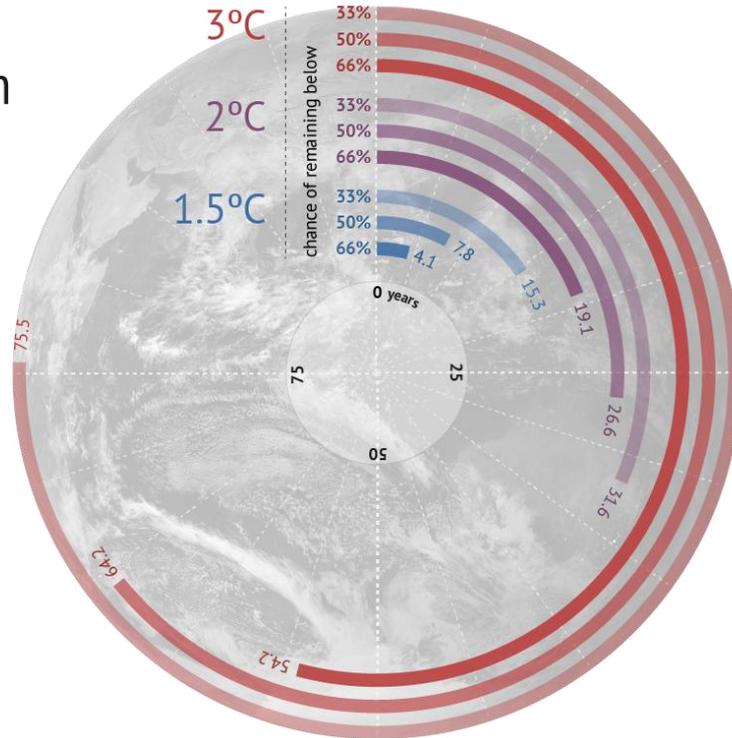
vorindustriell

2016: Global wärmstes Jahr, bereits 1,1°C über vorindustriellem Schnitt

vgl. IPCC AR5, WG II

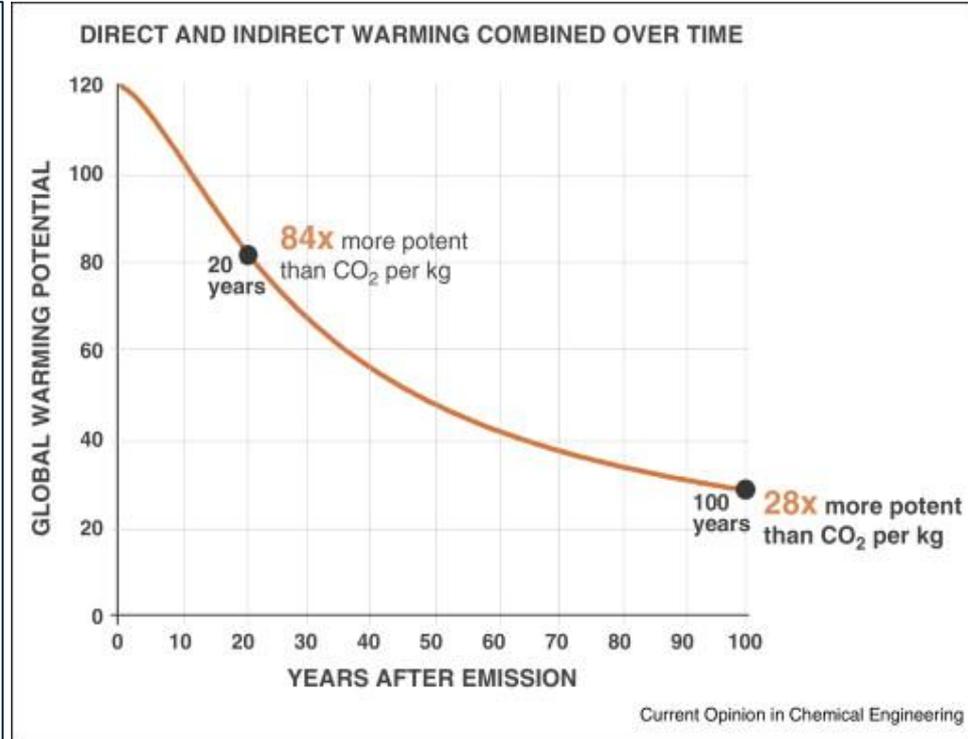
Carbon Countdown

As of the start of 2017, how many years of current emissions would use up the IPCC's carbon budgets for different levels of warming?



<https://www.carbonbrief.org/analysis-four-years-left-one-point-five-carbon-budget>

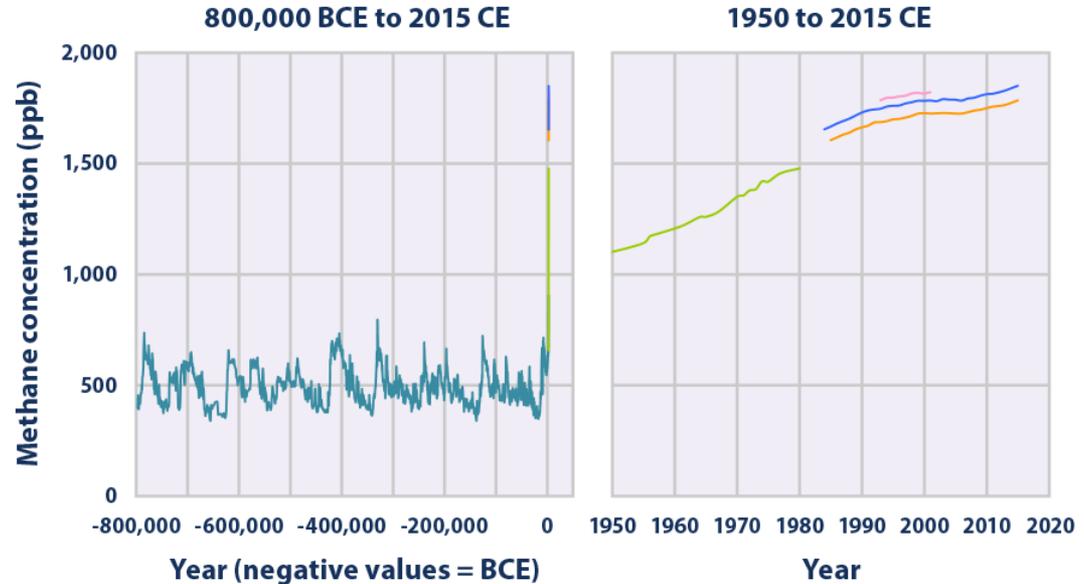
- Je nach Betrachtungszeitraum ändert sich das GWP, da Methan eine höhere Klimawirkung aber eine geringere Verweildauer in der Atmosphäre hat
- Der GWP 100 zur Bewertung der THG-Emissionen ist im wissenschaftlichen Diskurs üblich und wird für die Berichterstattung der Klimarahmenkonvention (UNFCCC) genutzt.
- Das Umweltbundesamt und die UNFCCC sowie viele der derzeit verfügbaren Studien verwenden den Wert 25 für den GWP 100 von CH_4 abhängig von den betrachteten Rückkopplungen gibt es auch andere Werte (z.B. 28, 32, 34)



Quelle: <https://www.carbonbrief.org/analysis-four-years-left-one-point-five-carbon-budget>

Diese Abbildung zeigt die Konzentrationen von Methan in der Atmosphäre von vor Hunderttausenden von Jahren bis 2015, gemessen in Teilen pro Milliarde (ppb). Die Daten stammen aus einer Vielzahl von historischen Eiskernstudien und aktuellen Luftüberwachungsstandorten auf der ganzen Welt. Jede Linie repräsentiert eine andere Datenquelle.

Global Atmospheric Concentrations of Methane Over Time



Quelle: <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-atmospheric-concentrations-greenhouse-gases>

Data source: Compilation of five underlying datasets. See www.epa.gov/climate-indicators for specific information.

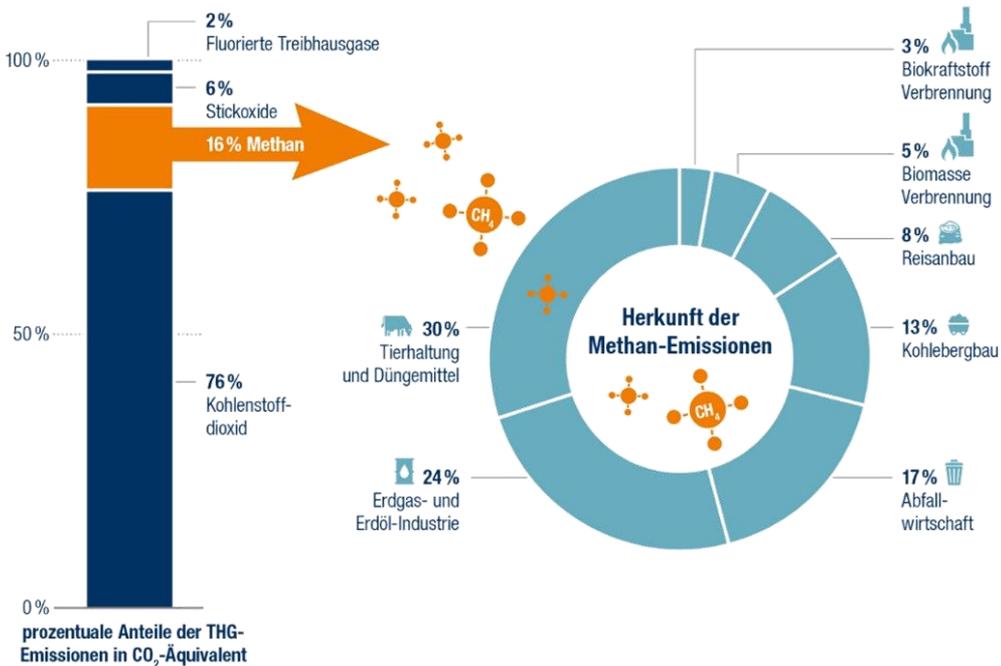
For more information, visit U.S. EPA's "Climate Change Indicators in the United States" at www.epa.gov/climate-indicators.

C Methanemissionen: Herkunft und Mengen

- ➔ Globale, europäische und deutsche Betrachtung
- ➔ Aufteilung der Methanemissionen in:
 - ➔ Vorkette
 - ➔ Inlandstransport

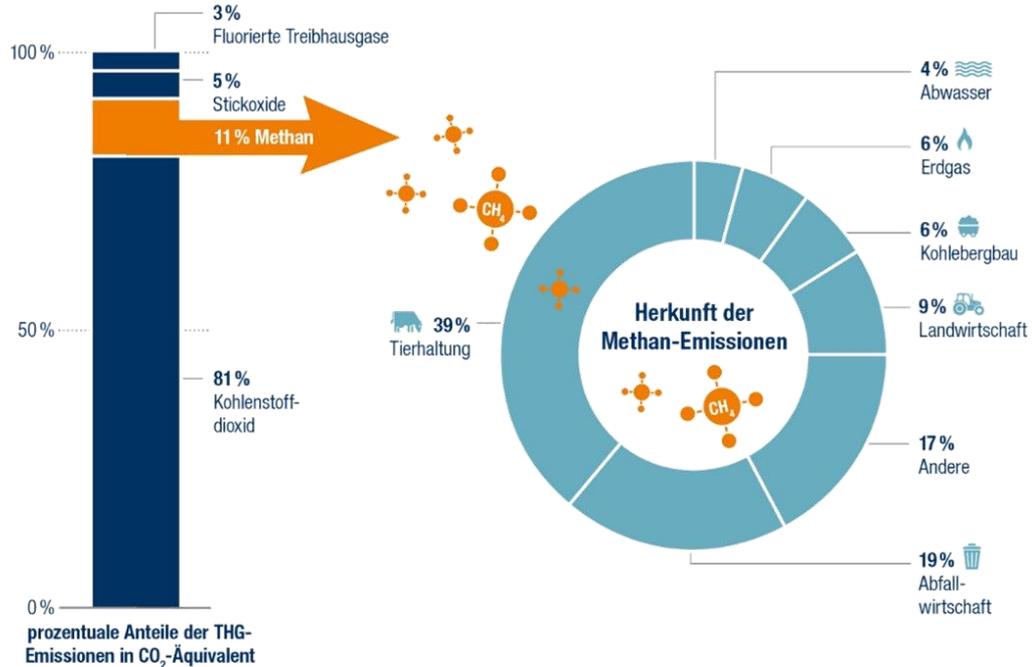


Anteil von Methan an globalen, anthropogenen THG-Emissionen (2012) und Herkunft der Methan-Emissionen



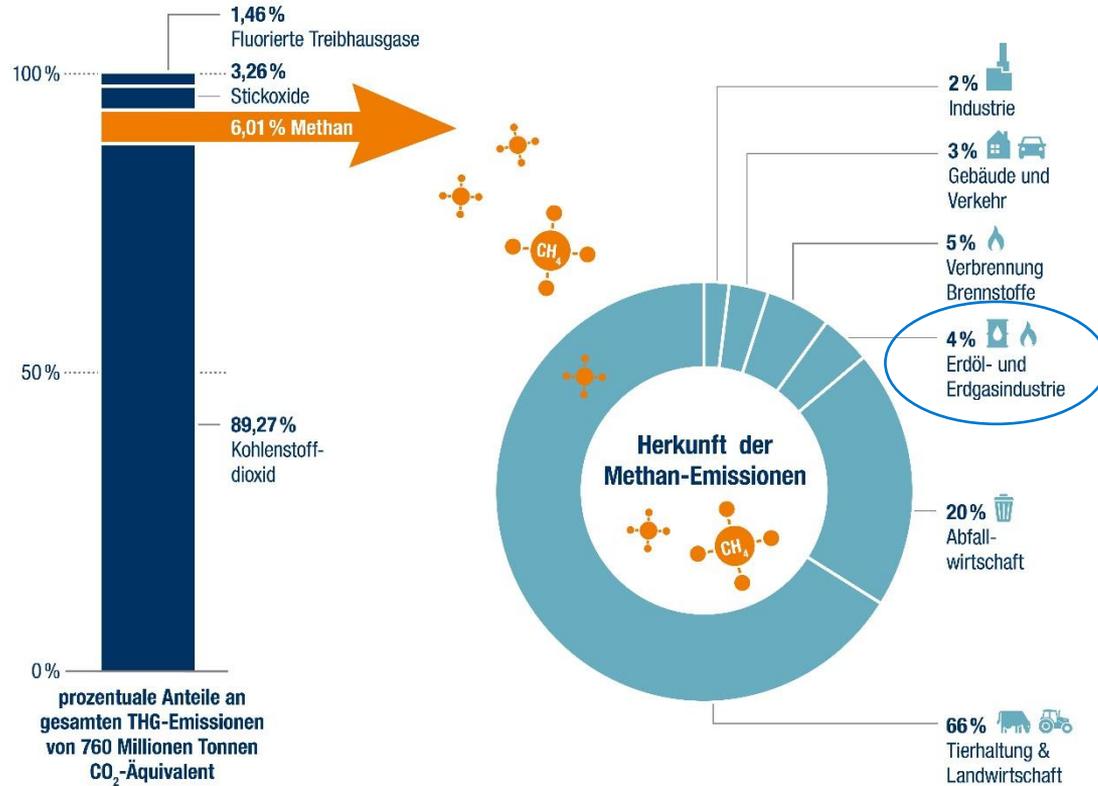
Quelle: International Gas Union (IGU)

Anteil von Methan an europaweiten, anthropogenen THG-Emissionen (2016) und Herkunft der Methan-Emissionen



Quelle: European Environment Agency (EEA)

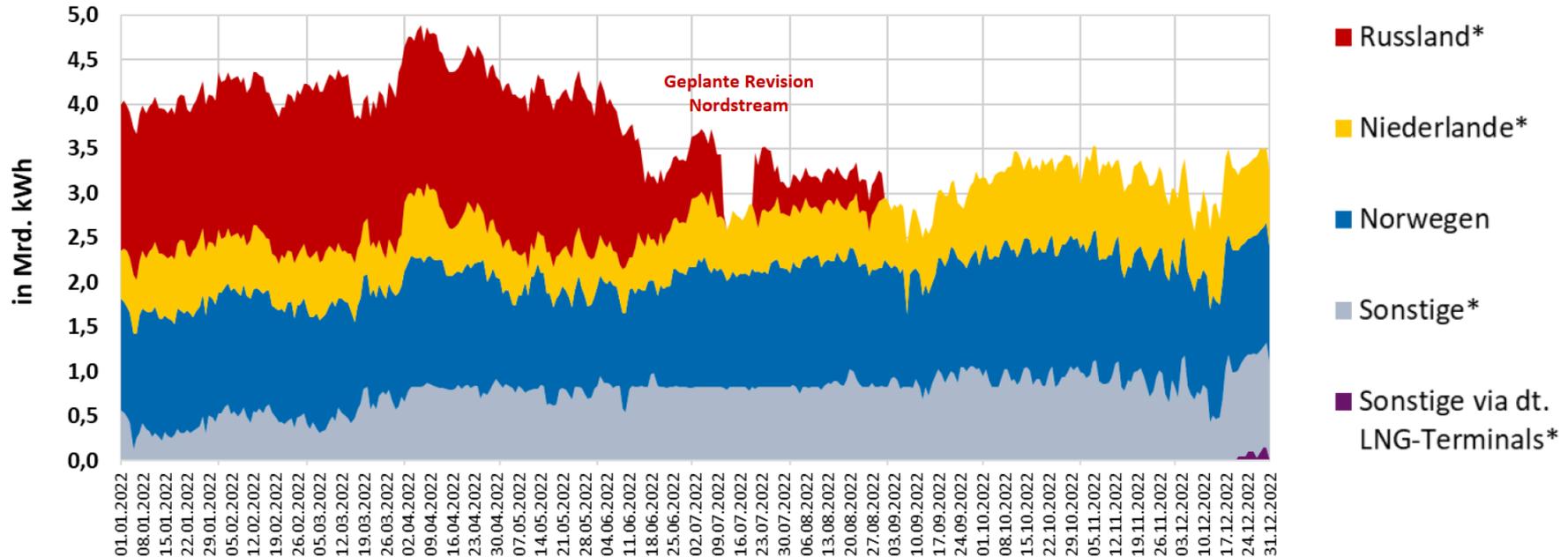
Methanemissionen: Aufteilung der Emissionen in Deutschland (NIR 2023)



Damit sind 4% des methanbedingten Anteils von 6% am Anteil der Klimagase auf die Energiewirtschaft zurückzuführen, d.h. insgesamt nur 0,24%

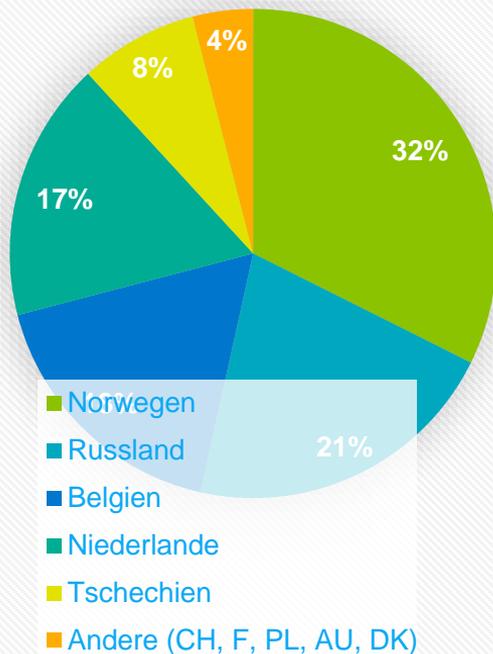
Quelle: DVGW

Gasflüsse nach Deutschland nach Herkunft des Erdgases bis einschließlich 2022: Ein verändertes Einkaufs-Portfolio hat Einfluss auf den „Methan-Footprint“ auch in Deutschland

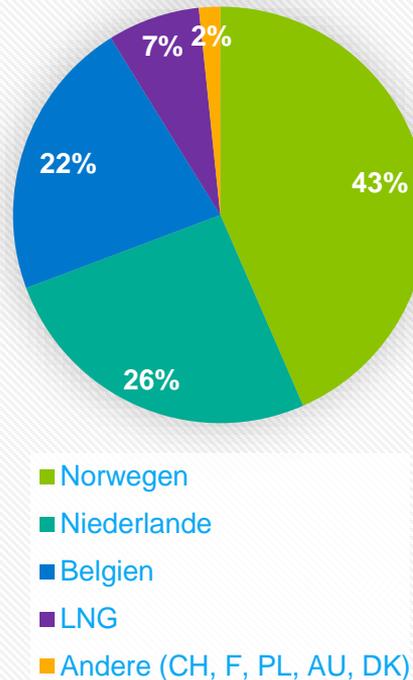


Quelle: Erdgasdaten aktuell, BDEW, Bericht vom 2.11.2023 (Datenbasis: ENTSOG, FNB)

Anteile in 2022

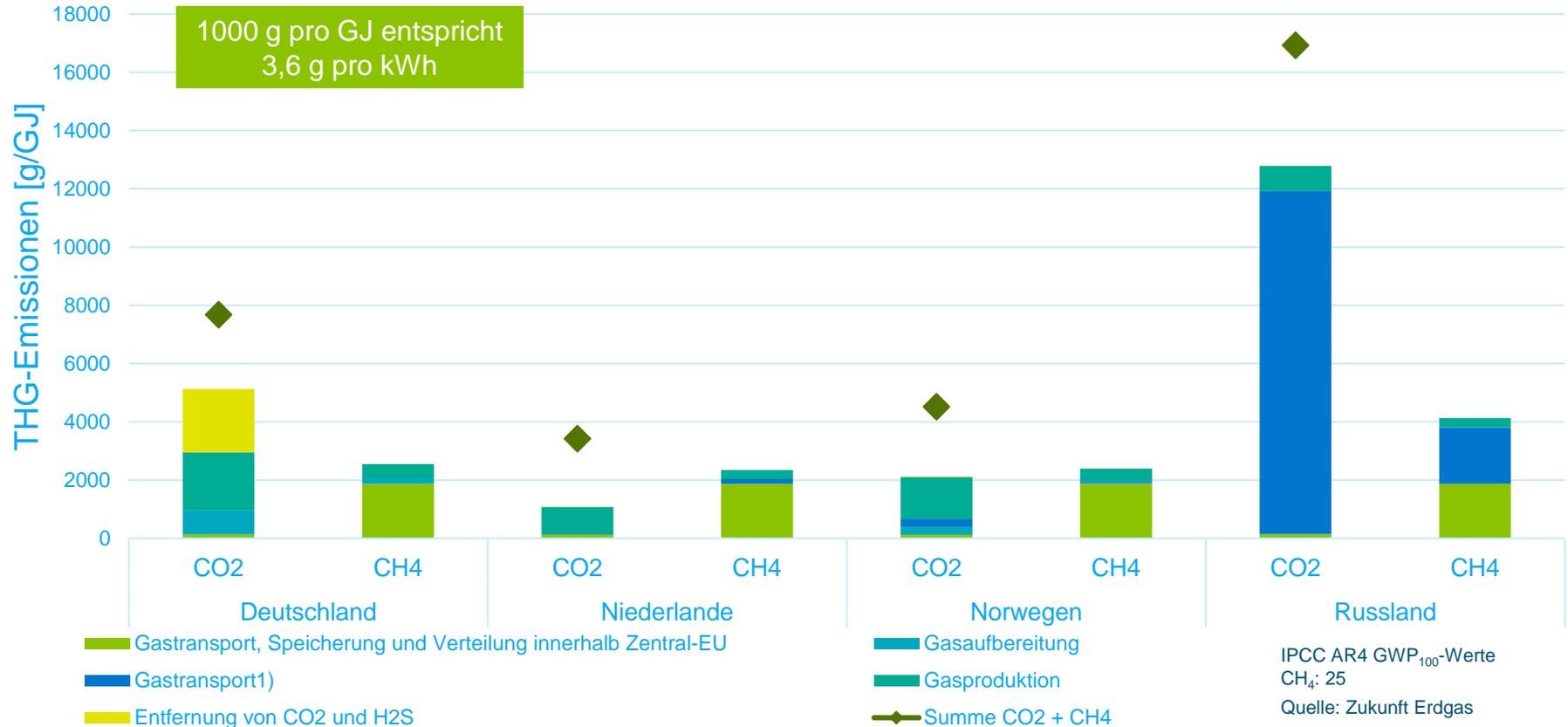


Anteile in 2023



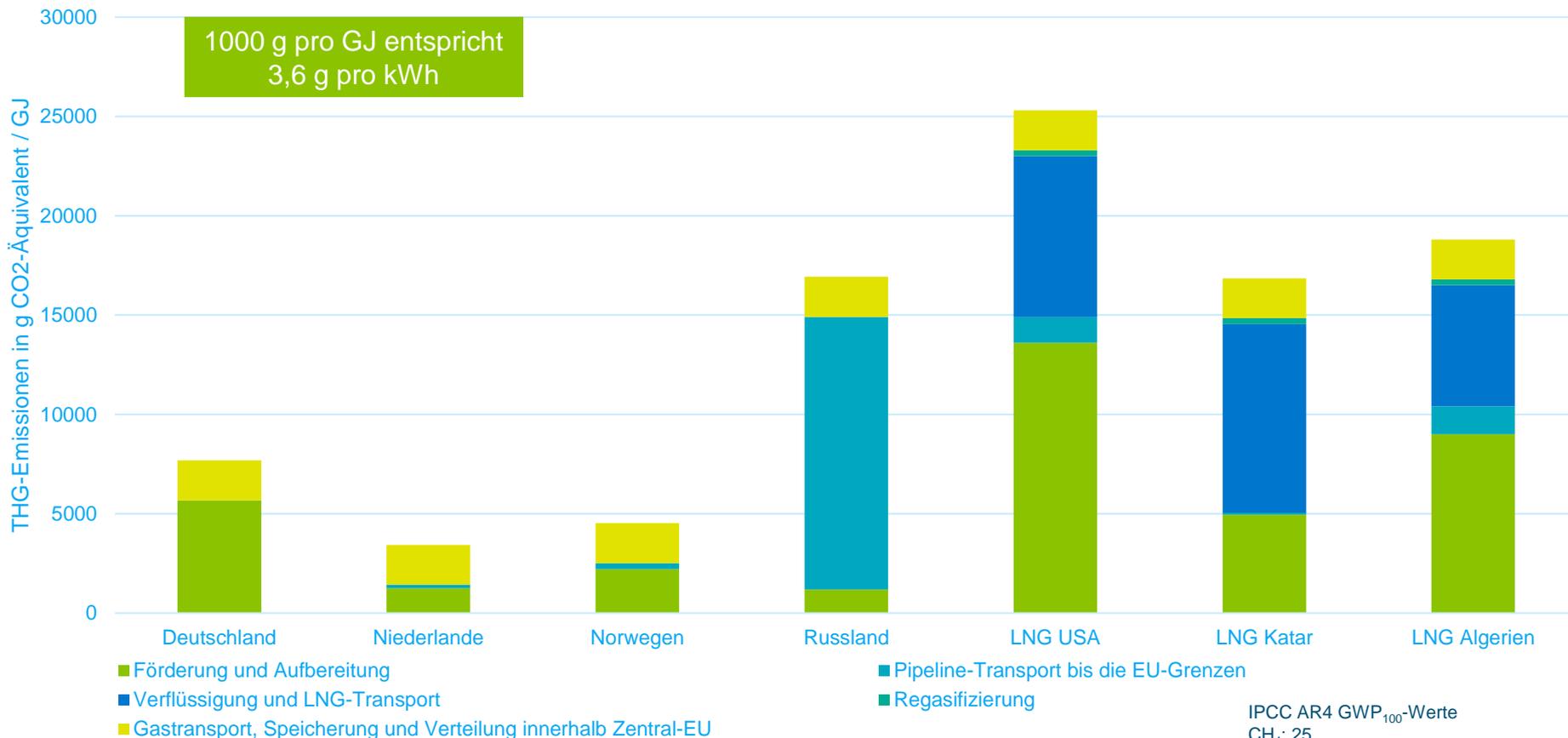
Quellen:
[Bundesnetzagentur -
Rückblick:
Gasversorgung im Jahr
2022](#) und
[Bundesnetzagentur -
Rückblick:
Gasversorgung im Jahr
2023](#)

Vorkettenemissionen von Erdgas nach Herkunftsland



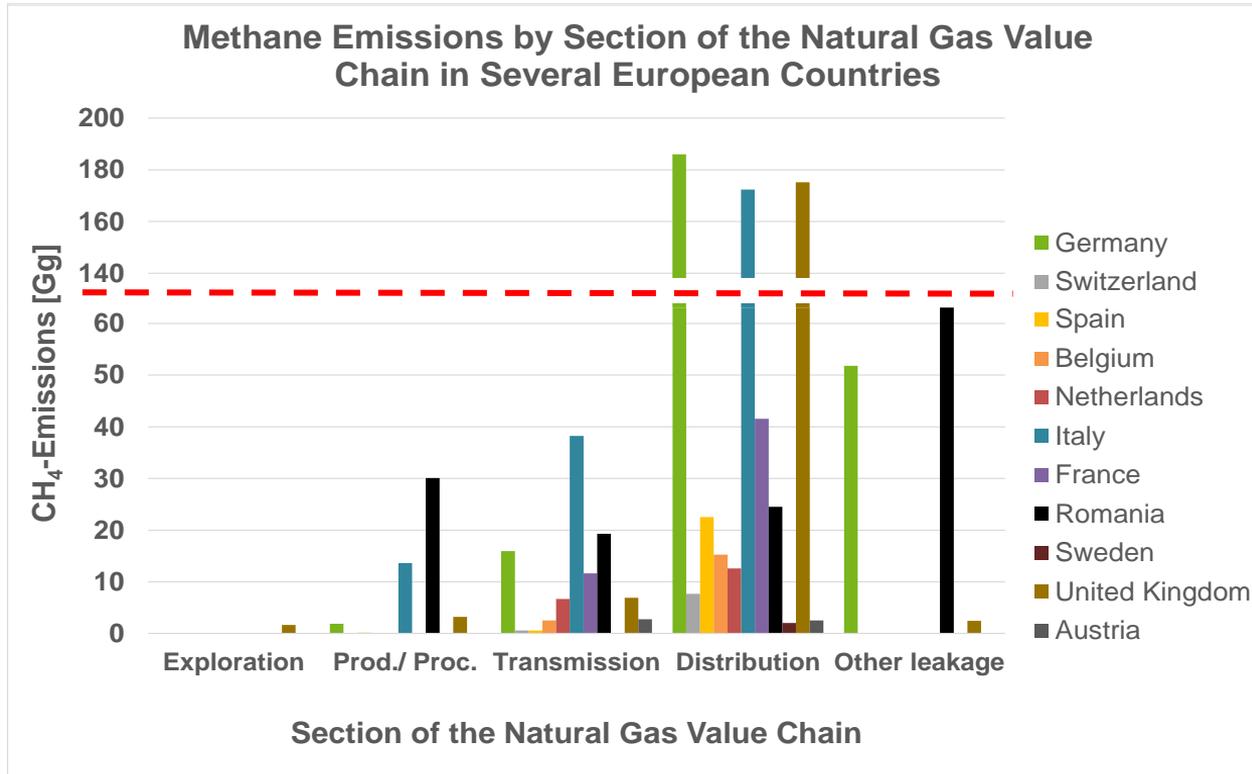
1) Gastransport bis zur Außengrenze von Zentral-EU (im Fall von Norwegen und Russland) oder in ein anderes Land in Zentral-EU (betrifft Deutschland und Niederlande, da das Produktionsland in Zentral-EU liegt).

Vorkettenemissionen in CO₂-Äquivalenten unterschiedlicher Herkunftsquellen



1) USA: Gasförderung 85% unkonventionell

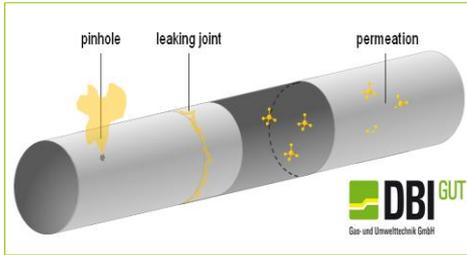
Für die in einem Land generierten Methanemissionen spielt die Infrastrukturverteilung und deren Zustand eine zentrale Rolle



Quelle: United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), „Greenhouse Gas Inventory Data - Detailed data by Party,“ 2014. [Online]. Available: <http://unfccc.int/di/DetailledByParty/Event.do?event=go>. [Zugriff am 20.10.2015].

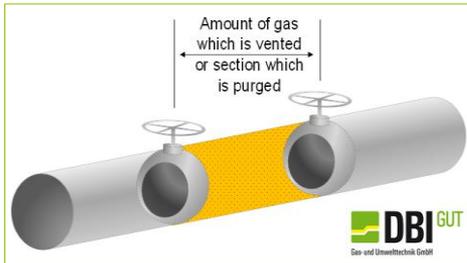
D Methanminderungsmaßnahmen

- ➔ Kategorisierung:
 - ➔ kontinuierliche Verluste
 - ➔ operative Verluste
 - ➔ Verluste durch Vorfälle
- ➔ Erfolge in Deutschland zur Reduktion der Methanemissionen
 - ➔ Leakedetektion
 - ➔ Infrastrukturerneuerung
 - ➔ Weiterbildung
 - ➔ Sonderprogramm: Graugussaustausch
 - ➔ Entwicklung je Infrastrukturkategorie
- ➔ Repertoire der technischen Maßnahmen zur Reduzierung von Methanschluß
- ➔ Spezielle Projekte: ME-Red DSO
- ➔ Techniken und Methoden zur Methanmessung



Kontinuierliche Methanverluste von Gasleitungen:

Hierbei handelt es sich um Emissionen, die im Regelbetrieb auftreten und typischerweise geringe Leckageraten aufweisen. Durch die dauerhafte Präsenz repräsentiert diese Kategorie jedoch oft den Großteil der Emissionen eines Gasnetzes. In diese Kategorie fallen Permeation bei Kunststoffrohren, Undichtigkeiten an Schweißnähten und Nadellöcher (z.B. in Folge von Korrosion).



Operative Verluste:

Diese Kategorie beinhaltet alle Emissionen, die durch den planvollen Eingriff des Netzbetreibers in das Leitungssystem auftreten. Hierzu gehört die In- bzw. Außerbetriebnahme von Leitungsabschnitten ebenso wie reguläre Wartungs- und Reparaturarbeiten. Emissionen treten hier vor allem durch die notwendige Anwendung von Sicherheitsmaßnahmen, wie dem Spülen neuer Leitungen oder das Leeren von zu reparierenden Abschnitten, auf.



Verluste durch Vorfälle:

Vorfälle sind als ungeplante Eingriffe in das Gasnetz, typischerweise durch das Handeln Dritter (z.B. Baggerschaden an Leitungen) oder Unfälle (z.B. Leitungsabriss durch Erdbeben, etwa in Folge von Überschwemmung), zu verstehen. Bedingt durch die tendenziell signifikante Größe der hier auftretenden Leckagen kann es, trotz geringer Zeiträume bis zur Absperrung und Reparatur der betroffenen Leitungsabschnitte, zu erheblichen Emissionen kommen. Glücklicherweise sind diese Ereignisse statistisch gesehen eher selten, so dass der Gesamtbeitrag zu den Emissionen überschaubar bleibt.

Methanemissionen konnten in der Vergangenheit bereits signifikant reduziert werden

Leak Detection And Repair (LDAR)

- Maßnahmen sind Teil des DVGW-Regelwerks
- Einführung neuer Methoden zur Emissionsreduzierung



Investitionen in die Gasinfrastruktur

- Milliarden schwere Investitionen in die Gasinfrastruktur
- Überarbeitung von Instandhaltungsregeln im Regelwerk



Weiterbildung von technischem Personal

- Durch *BALSibau* konnten etwa Leitungsschäden im Rahmen von Tiefbauarbeiten deutlich reduziert werden

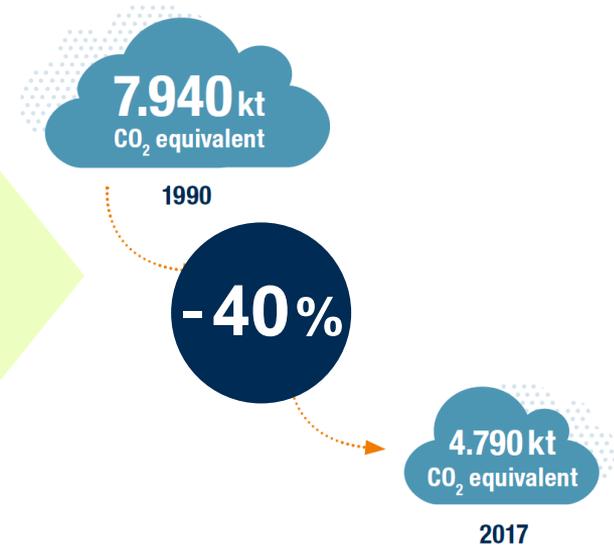


Austausch von Graugussleitungen

- Substituiert durch moderne Leitungsmaterialien wie PE
- Signifikanter Rückgang von Unfällen / Methanemissionen.



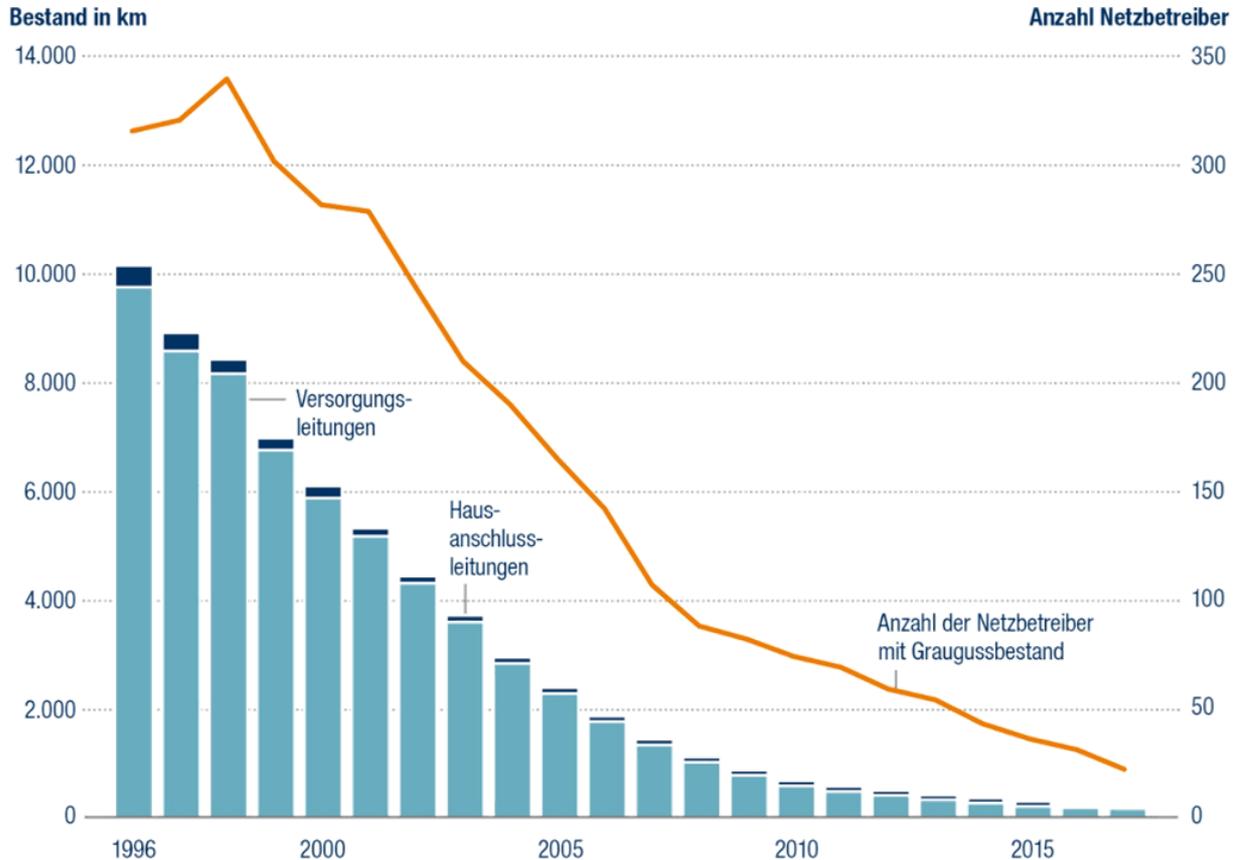
Diffuse Methanemissionen* der deutschen Erdgasinfrastruktur



Quelle: UNFCCC, Greenhouse Gas Inventory Data, Fugitive methane emissions from natural gas.

* Methanemissionen die durch Produktion, Aufbereitung, Transport, Speicherung und Verteilung in die Atmosphäre emittiert wurden

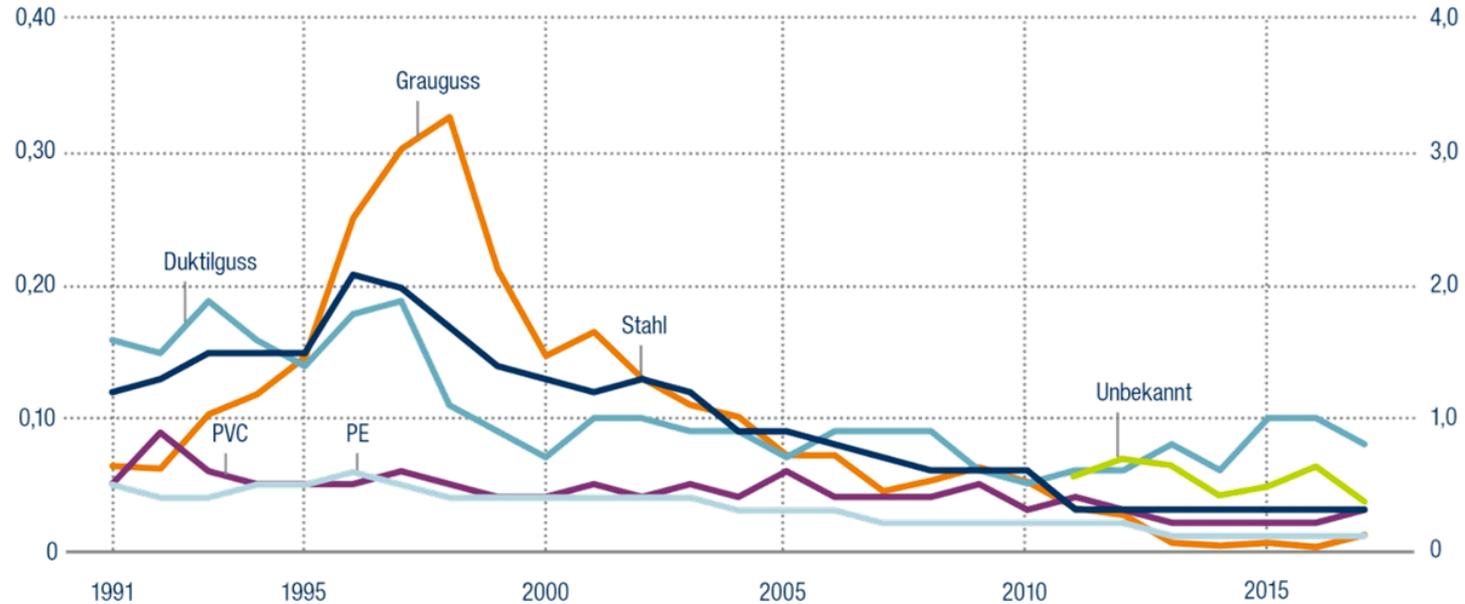
Reduzierung des Graugussbestandes zwischen 1996 und 2017



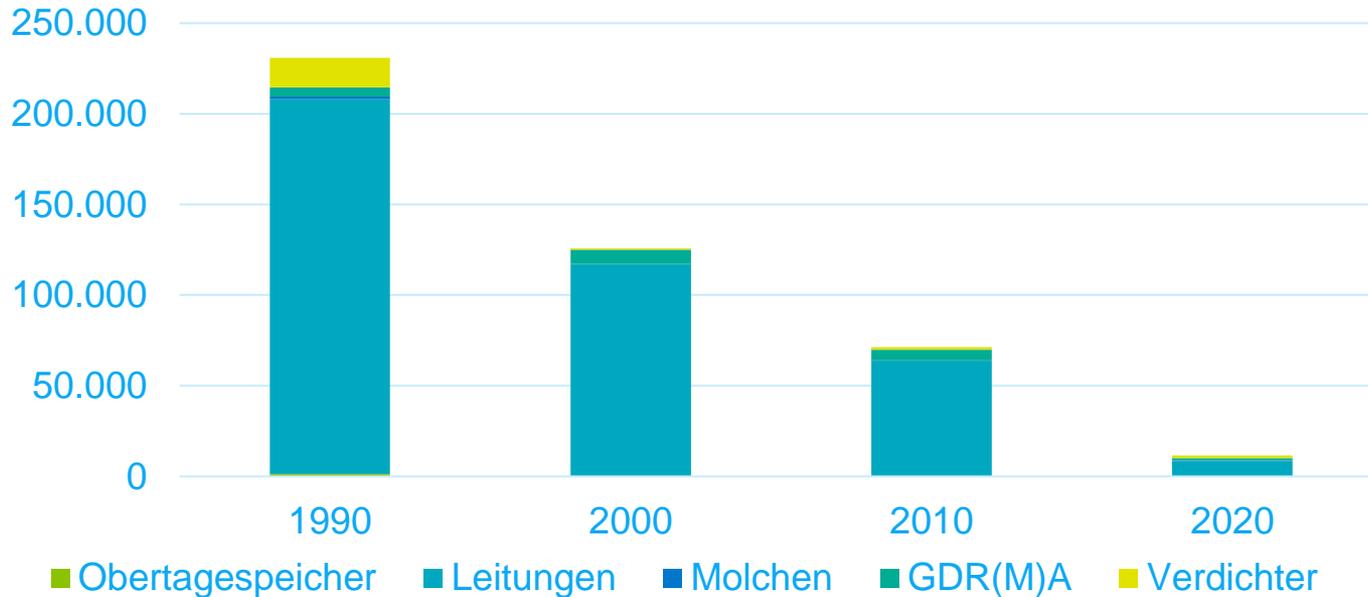
Entwicklung der meldepflichtigen Ereignisse nach Werkstoffgruppen

meldepflichtige Ereignisse
pro km und Jahr

meldepflichtige Ereignisse
pro km und Jahr (nur — Grauguss)

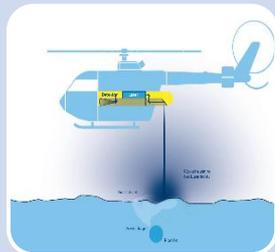


Methanemissionen der Verteilung in tCH₄



Quelle: NIR 2023, UBA

Repertoire der technischen Maßnahmen zur Reduzierung von Methanschlupf (Auszug)



©OGE

CH₄ Airborne Remote Monitoring (CHARM):

Detektion von Methanschlupf mittels laserbasiertem Screening von Leitungen aus der Luft



Teppichsonden und Sniffer:

Erfassung von Leckagestellen durch bewährte Methoden, die bereits Teil des DVGW-Regelwerks sind.



©piqsels

CH₄ AR-Brille:

In der Entwicklung: Detektion von Methanschlupf durch die Augmented-Reality-Technologie



©OGE

Mobile Verdichter:

Umpumpen von Gas in andere Leitungssysteme während Reparaturarbeiten



Mobile Fackeln:

Gezieltes Abfackeln von Gas während Ausblasevorgängen



Vakuumpumpen:

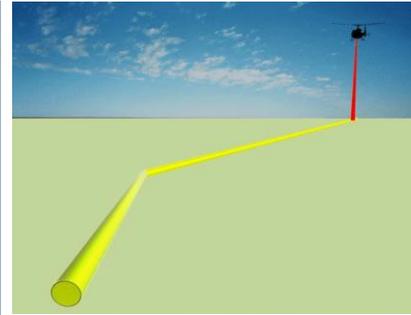
Vermeidung von Spülemissionen bei der Inbetriebnahme von Leitungen

D e t e k t i o n

R e d u k t i o n

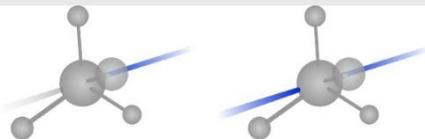
Laser Measurement Principle

- DIAL - Differential absorption Lidar
- Lidar - Light detection and ranging
- Methane absorption lines at $1,6 \mu\text{m}$ – $2,3 \mu\text{m}$ – $3,3 \mu\text{m}$



Sensitivität

Verwendet einen $3,3 \mu\text{m}$ Laser und DIAL*-Prinzip um Spuren von Methan zu detektieren



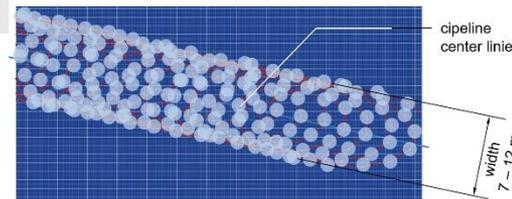
Auto-Tracking

Gezielte Laserpulse auf die Mitte der Pipeline mit einer Genauigkeit von $< 0,5 \text{ m}$



Scanning

Verwendung eines Scanners, um mit Laserpulsen einen Korridor aufzuspannen – nicht nur eine



Zuverlässigkeit

Einziges System, das die Richtlinie G 501 des DVGW erfüllt



Avoidance of methane emission: De-compression of a pipeline section using a mobile compressor unit



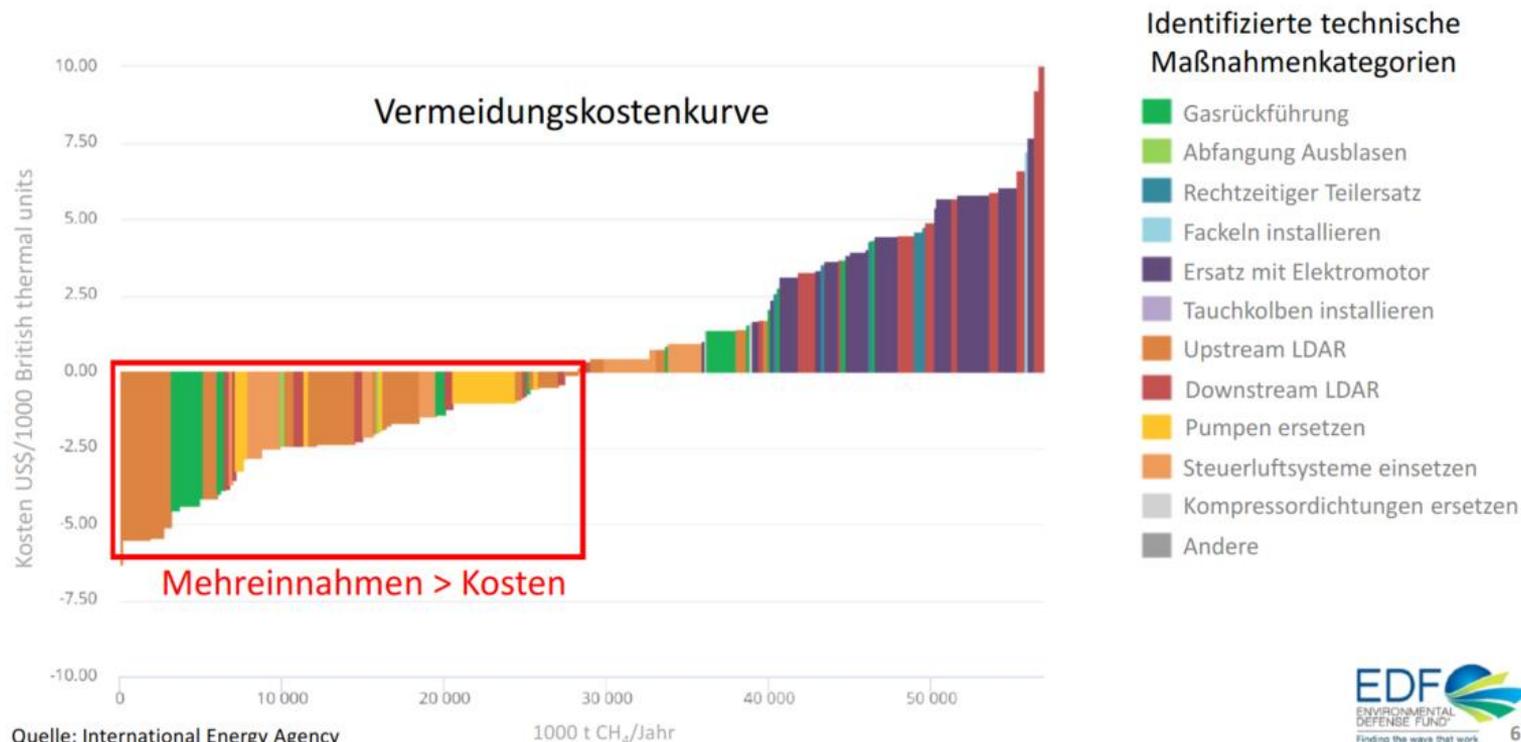
Mobile compressor (Source: Open Grid Europe, 2020)

Avoidance of methane emission: De-compression of a pipeline section using a mobile flaring system



Mobile flaring unit (Source: Open Grid Europe, 2020)

75% Reduktion von CH₄ Emissionen aus Erdgasindustrie schon heute möglich

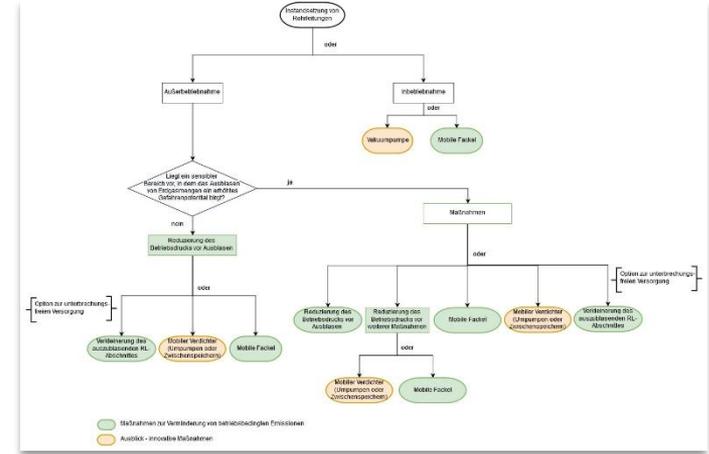


Ziele:

- Erstellung eines Leitfadens für technische Maßnahmen, die im Netzbetrieb zur Reduzierung der Methanemissionen beitragen können, um den Trend der kontinuierlichen Reduzierung von Methanemissionen weiter fortzusetzen
- Identifizierung von Maßnahmen und deren Bewertung
- Hierzu gehören Maßnahmen
 - die bereits von den Netzbetreibern umgesetzt werden (z.B. das Setzen von Absperrblasen, um einen auszublasenden Rohrleitungsabschnitt soweit wie möglich zu verkleinern),
 - die Vorstellung innovativer Möglichkeiten, die in Zukunft vermehrt zum Einsatz kommen können (z.B. Vakuumpumpen, die die Spülemissionen bei der Inbetriebnahme von Leitungen vermeiden können).

ME-Red DSO - Erstellung eines Leitfadens mit Maßnahmen zur technischen Reduzierung von Methanemissionen im Gasverteilnetz

- Identifikation von „Top Maßnahmen“ zur Verminderung von Methanemissionen von Rohrleitungen und Gasdruckregel(mess-)anlagen des Gasverteilnetzes
 - Bereits etablierte Maßnahmen (z. B. Senkung des Betriebsdrucks durch nachgelagerte Abnehmer)
 - Innovative Maßnahmen (z.B. Einsatz einer Vakuumpumpe zur Vermeidung von Spülemissionen)
- Detaillierte Beschreibung der Maßnahmen inkl. Kennzahlen (z. B. Kostenindikator, Emissionsvermeidungspotenzial)
- Entscheidungshilfen für Netzbetreiber zur Vorauswahl einer Maßnahme
- Steckbriefe zu ausgewählten Maßnahmen



Entscheidungshilfe für Netzbetreiber



Steckbrief Mobile Fackel

Identifizierung von Top-Maßnahmen für die DVGW G 404 (M):

Kategorie	Maßnahmen	
Verminderung von betriebsbedingten Emissionen ⁽¹⁾ an Rohrleitungen (RL)	<ul style="list-style-type: none"> Senkung des Betriebsdrucks durch nachgelagerte Abnehmer Abquetschen von RL (PE) 	<ul style="list-style-type: none"> Absperrblasen setzen Stopp-Verfahren Mobile Fackel
Verminderung von intrinsischen Emissionen ⁽²⁾ an RL	<ul style="list-style-type: none"> Austausch von Leitungen Lining / Rohr-in-Rohr Kathodischer Korrosionsschutz Druckmanagementsysteme 	<ul style="list-style-type: none"> Überprüfung von Gasrohrnetzen Gasströmungswächter (Emissionen bei Störungen)
Verminderung von Emissionen an GDR(M)A	<ul style="list-style-type: none"> Zustandsorientierte Instandhaltung Ausbau von SBV 	<ul style="list-style-type: none"> Einsatz von Ultraschallmessgeräten
Neue, innovative Maßnahmen (Ausblick)	<ul style="list-style-type: none"> Vakuumpumpe Permeationsdichte Rohre 	<ul style="list-style-type: none"> Mobiler Verdichter Forschungsprojekt „Megan“

⁽¹⁾ Emissionen, die bei Netzarbeiten durch Ausblase- und Spülvorgänge hervorgerufen werden.

⁽²⁾ Emissionen durch Leckagen, wie undichte Verbindungen, Risse, Kleinstlöcher sowie Permeation.

Bewertungshilfen:

Kennzahl	Fallbeispiel 10 ⁽¹⁾		Fallbeispiel 11 ⁽²⁾
Methanemissions- einsparung	192 Nm ³ 134 kg 2.256 kWh		0,64 Nm ³ 0,45 kg/m ³ 8 kWh
Kosten der Maßnahme	<i>Investition Dreibefackel</i>	<i>Investition Sondermodell</i>	Keine Angabe, daher Kosten wie im HD angenommen
	3.000 € pro Dienstl. (Sondermodell)		
Kostenindikator	15,6 €/Nm ³		4.687 €/Nm ³
	22,3 €/kg		6.696 €/kg
	1,3 €/kWh		399 €/kWh
Emissionsver- meidungspotenzial	89,7 %		76,9 %

Kennzahlen wurden für Fallbeispiele aufgestellt und für jede Maßnahme **in Tabellenform** angegeben.

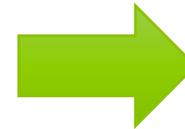
Beispiel: Kennzahlen mobiler Fackel.



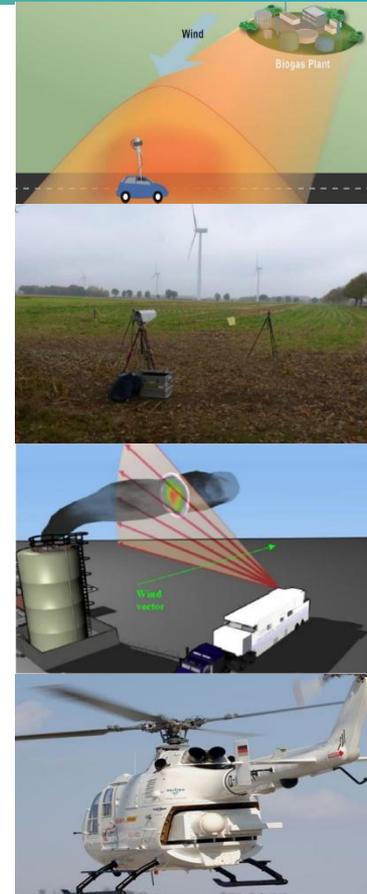
¹ DN 200 (SDR 17); L=2 km auf 10 m; p=4 bar; Druckreduzierung auf 0,1 bar, inkl. der entstehenden CO₂-Emissionen

² DN 110 (SDR 17); L=500 m; p=0,35 mbar; Druckreduzierung auf 0,1 bar, inkl. der entstehenden CO₂-Emissionen

- **Abseifen:** Einfachste Handhabung - rein qualitativ
- „**Sniffing**“: Messen mittels Gasspürgerät, Quantifizierung nach DIN EN 15446
- **High-Flow-Sampling (HFS):** Einsaugen des Leckagegases mit einem definierten Luftstrom und gleichzeitiger Konzentrationsmessung. Einsatz bei Punktleckagen.
- **Bagging Method:** Ähnlich dem HFS, aber „Umhüllen“ der Leckagequelle. Einsatz bei größeren Emissionsquellen (z.B. Schiebern).
- **Full Suction Method:** Ansaugen des Bodengases über Sonden, Quantifizierung wie bei HFS. Bisher nur im Verteilnetz eingesetzt.
- **Gas Cam:** Grundsätzlich nur qualitative Messungen möglich. Gut geeignet zum Screening.



- **Tracermethode:** Verwendung eines Begleitgases in der Nähe der Leckstelle in bekannter Konzentration. Messung sowohl von Tracer- als auch von Zielgas in der Abluffahne. Stark abhängig von Wetterbedingungen.
- **inverse Ausbreitungsmodellierung (IDMM):** Optische Fernmesstechnik zur Methanmessung in der Abwindfahne. Hintergrundkonzentration der Umgebung müssen bekannt sein. Stark abhängig von Wetterbedingungen.
- **LIDAR (Charm):** Optisches Ortungsverfahren zum Einsaugen des Leckagegases mit einem definierten Luftstrom und gleichzeitiger Konzentrationsmessung. Einsatz bei Punktleckagen.
- **Bagging Method:** Ähnlich dem HFS, aber „Umhüllen“ der Leckagequelle. Einsatz bei größeren Emissionsquellen (z.B. Schiebern).

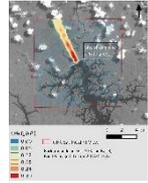


Bottom-up vs. Top-Down-Ansätze

	Vorteile	Nachteile
Top-Down-Messungen	<ul style="list-style-type: none"> große Reichweite oftmals kontinuierlich arbeitend Anlagen können als ganzes vermessen werden Identifizierung von Hot-Spots / Super-Emittlern 	<ul style="list-style-type: none"> hohe Wetterabhängigkeit keine Unterscheidung zu natürlichen Emissionsquelle mangelnde Auflösung hohe Kosten hoher Wartungsaufwand Spezialisten erforderlich
Bottom-Up-Messungen	<ul style="list-style-type: none"> Punktmessung am Asset einfache Handhabung jederzeit und überall verfügbar kein Expertenwissen erforderlich LDAR* nach Regelwerk erforderlich hohe Auflösung 	<ul style="list-style-type: none"> Fülle an Einzelmessungen nötig Aggregation der Daten erforderlich statistische Fehler nicht auszuschließen



500.000m



500m



5,0m



0,05m



E EU-Methan-Messprogramme und –Methodologien & globale Initiativen (satelliten-basiert) und Berichterstattung

- ➔ Das Projekt „MEEM DSO“
- ➔ Satellitenprogramme
- ➔ Internationale Verpflichtungen zur Treibhausgasinventarisierung (UNFCCC Art. 12)
- ➔ Erhöhung der Zuverlässigkeit der Methanemissionsdaten insb. in Deutschland

Ziel: Entwicklung einer konsistenten, transparenten, verlässlichen und akkuraten europäischen Methode zur Abschätzung von Methanemissionen. Als europaweite Methode kann sie zukünftig zur Verbesserung der Vergleichbarkeit der Emissionsabschätzungen beitragen.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus MEEM DSO:

- Es wurde eine Methode vorgeschlagen, die alle relevanten Methanemissionsquellen des Gasverteilnetzes adressiert
- Es hat sich gezeigt, dass nicht in jedem Land alle Eingangsdaten zur Verfügung stehen und weitere Messungen, sowie das aktualisieren von Statistiken notwendig sind

Die internationalen Ergebnisse müssen nun auf nationaler Ebene umgesetzt werden

Dies ist das Ziel von





Ziel:

Aktuelle nationale Emissionsfaktoren für das deutsche Gasverteilnetz

Aktueller Emissionsfaktor des UBA (aus NIR 2018): 175 kg CH₄/km·a

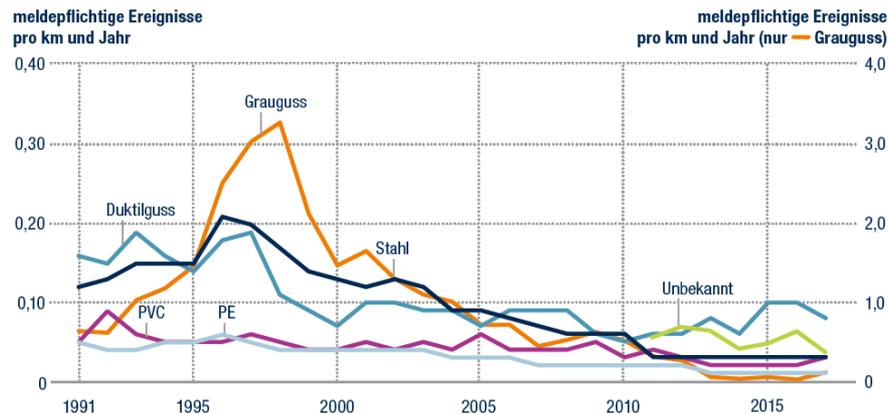
**wurde mit dem Projekt
ME DSO 2.0 weitergeführt**

Ziel:

Erstellung eines Leitfadens mit technischen Maßnahmen, die im Netzbetrieb zur Reduzierung der Methanemissionen beitragen können

abgeschlossen

- Die Lecksuche und Klassifizierung von Lecks (z. B. mit Teppichsonden) ist für alle deutschen DSO nach den technischen Regeln der DVGW eine Verpflichtung und führt zu einer deutlichen und messbaren Reduzierung der Lecks



- Die Lecksuche gibt einen Hinweis auf ein Leck (Anzahl), aber keine Emissionsrate in l / h oder m³ / h (Menge). Ein weiteres Messprinzip ist erforderlich, um diesen Wert zu erhalten



Quelle: Sewerin EX-TEC HS 680. Online: https://www.sewerin.com/cms/fileadmin/redakteure/Prospekt_e/pro_hs680_de.pdf, Last Access: 24-05-19

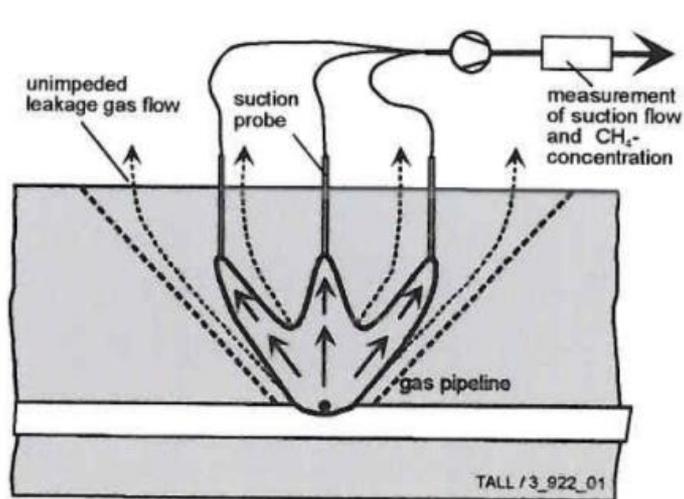


Fig. 1:
Leakage Gas Flow from Damaged Pipeline,
Unimpeded and with Suction (Schematic)



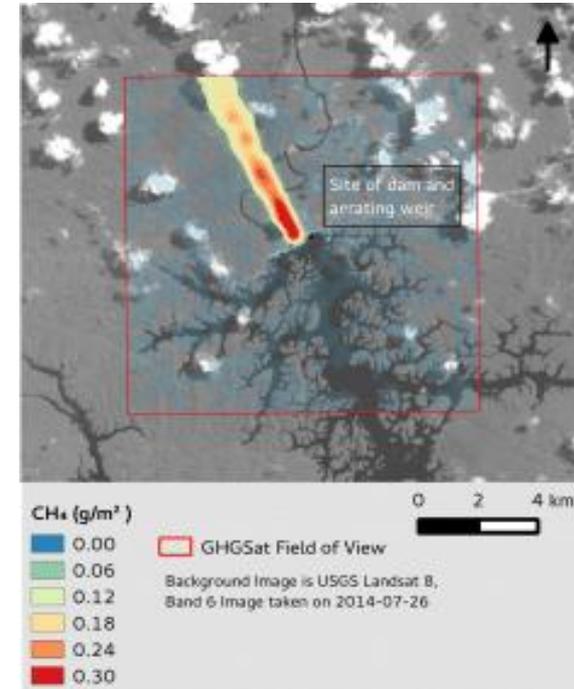
Technische Daten

Leistungsstarke Vakuumpumpe	
Maximaler Unterdruck	1 bar
Maximaler Volumenstrom	266 l/min
Elektrische Daten	220-240 Volt 50 Hz, 5.5 A
Netzzuleitung 230 Volt	10 Meter
Ansaugschlauch DN 25	10 Meter
Datenübergabe an PC-Programm	optional
Grobfilter im Klarsichtgehäuse	
Feinfilter an Vakuumpumpe	
Unterdruckmanometer	- 1 bis 0 bar



Quelle: E.ON

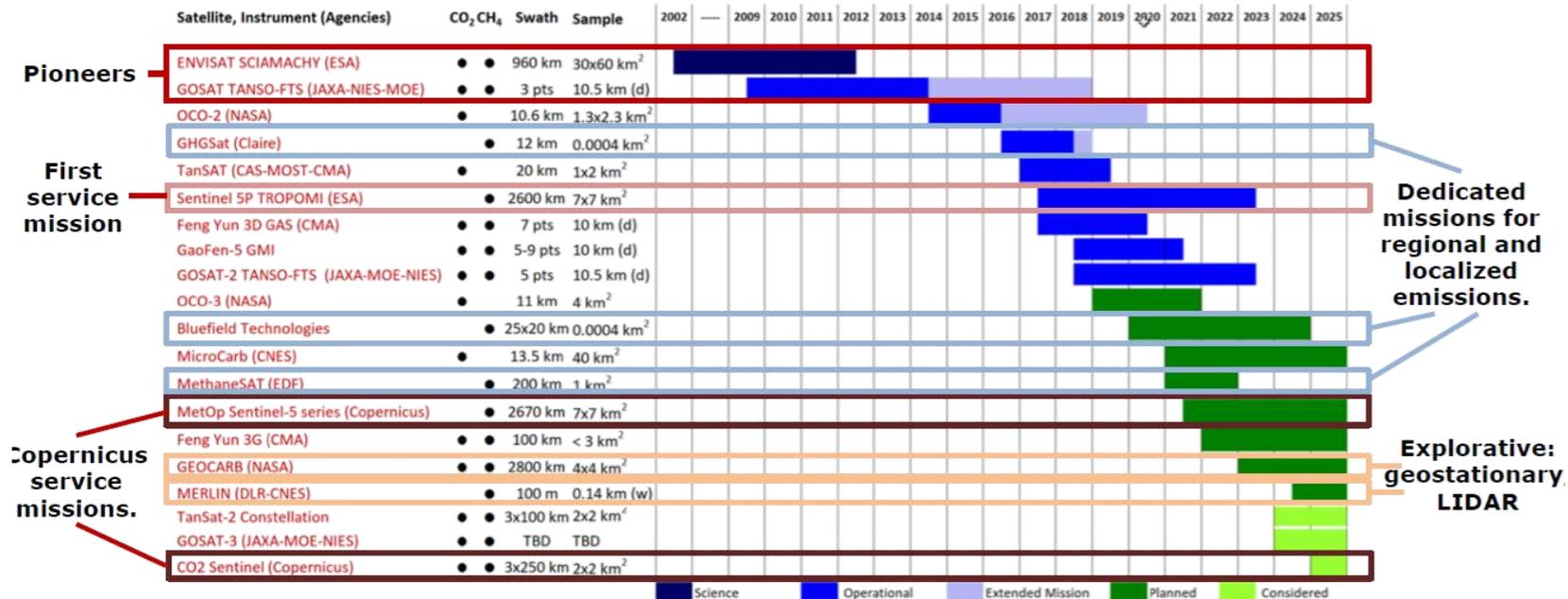
- **ESA Envisat:** 2002 - 2012
 - allg. Klimaforschung, Methankonzentration in der Atmosphäre
- **NASA Aura:** 2004 - heute
 - Überwachung von Treibhausgasen in der Atmosphäre, Auflösung 13 x 25 km
- **ESA / Eumetsat MetOp:** 2004 - heute
 - Wettersatellit, Überwacht aber auch Spurengase, Auflösung 80 x 40 km
- **GHGSat Claire:** seit 2016
 - Überwachung von Methanemissionen, Auflösung 0,05 x 0,05 km
=> **Details der Gasinfrastruktur**
- **ESA Sentinel 5P:** 2017 - heute
 - Überwachung von Luftverschmutzung, Auflösung 3,5 x 7 km
=> **Gasproduktion**
- **EDF MethaneSAT:** Start Mitte 2022
 - Überwachung von Methanemissionen, Auflösung 0,1 x 0,4 km
=> **Gastransport / Speicherung**



Time line of CH₄ and CO₂ satellites



UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386



[CEOS, http://ceos.org/document_management/Virtual_Constellations/ACC/Documents/CEOS_AC-VC_GHG_White_Paper_Publication_Draft2_20181111.pdf, 2018]

Nationale Behörden

Internationale Verpflichtungen zur Treibhausgasinventarisierung (UNFCCC Art. 12)

Sammlung von Emissionsdaten von

Erdgas

Andere Bereiche
(Landwirtschaft, Lösemittel, ...)

Sammlung von Emissionsdaten von

Verbände der Gaswirtschaft

Literaturstudien, IPCC Richtlinien, ...

Sammlung von Emissionsdaten von

Gasnetzbetreiber

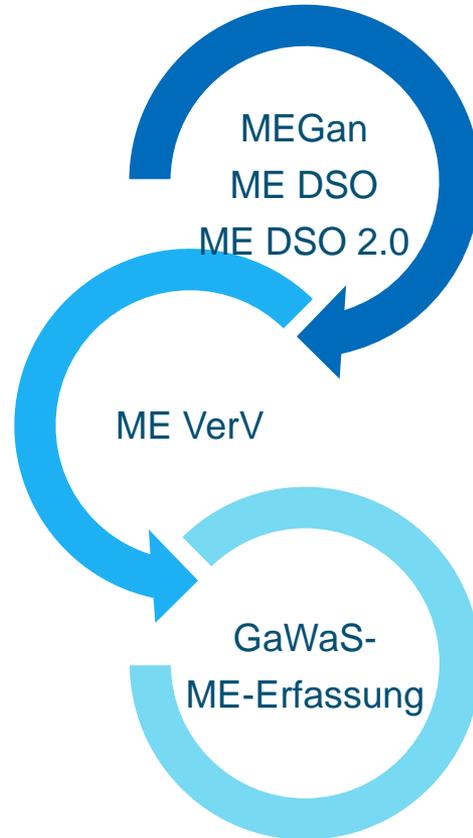
Wissen der Daten für die Emissionsabschätzung liegt bei den Netzbetreibern (TSO & DSO)

Die Betreiber müssen nach G410 an den DVGW alle Leckagen/Schäden melden. Diese werden in der GaWaS gesammelt.

Angepasste ME-Berichtsdaten:

- Verifizierungsstatement
- Messperiode
- Kalenderjahr
- Daten jedes Emissionstyps
- Informationen zur Quantifizierung der Messungen
- alle gemessenen Emissionen
- Anteile der Methanemissionen verglichen mit non-operating assets
- Auflistung an Einheiten der non-operating assets, die kontrolliert werden

- Emissionen Verdichtern
- Biogaseinspeiseanlagen (BGEA) und Erdgastankstellen.
- Ermittlung von Emissionsfaktoren
- Abgleich mit Werten des UBA



- Basis Messdaten
- Bewertung der Emissionsfaktoren H2
- Messprogramm Polyethylen-Leitungen (PE) und Gasdruckregel-Messanlagen (GDRMA)
- quellenbasierte Messtechniken (source level measurements)
- Erweitertes Online Tool zur Erstellung der Berichte (DVGW G426 Entwurf)
- Berücksichtigung von ME-Emissionen in GaWaS
- VNB können das DVGW Tool nutzen
- Verifizierung und Test des Tools

Neue aktualisierte Emissionsfaktoren spiegeln die Zuverlässigkeit des bestehenden Versorgungsnetzes wider

Aufgrund der exakten DVGW-Quantifizierung hat das UBA die ME-Emissionsfaktoren in 2023 deutlich nach unten angepasst.

**Umweltbundesamt (UBA):
Nationaler THG-
Inventarbericht (NIR 2023)**



**Europäischen Umweltagentur
(EEA)
veröffentlicht**

**[GHG Inventory EU 15-01-2023](#)
[\(europa.eu\)](#)**

**Vergleich für die Berichterstattung 2023* -
ermittelte Emissionen für das Berichtsjahr 2020:**

Quellbezeichnung im ZSE	Emissionen nach bisheriger Methodik	Emissionen nach neuer Methodik	Einheit	Abweichung
Transport (Summenwert)	72.367.833	17.018.907	kg	-76%
Verteilung (Summenwert)	88.568.614	11.615.747	kg	-87%

*= Die Auswirkungen für Transport- und Verteilnetze beschreibt:

[Aktualisierung der Emissionsfaktoren für Methan für die Erdgasbereitstellung \(umweltbundesamt.de\)](#)

F Regulatorische Vorgaben: EU-Methanstrategie

- ➔ EU veröffentlicht erstmalig in 2024 eine Methanemissionsverordnung
- ➔ Orientierung an der OGMP-Initiative der UN
- ➔ Methanberichterstattungszeiträume
- ➔ Erhöhte Begehungsfrequenzen (sinnvoll?)
- ➔ Umsetzung der geforderten EU-Maßnahmen im DVGW-Regelwerk

- European Green New Deal
- Ziel: Klimaneutralität bis 2050

- EU-Strategie zu Methanemissionen
- Umsetzung in ein Gesetzgebungsverfahren Anfang in 2021 (Entwurf 12/2021, Inkrafttreten 8/2024)

- Verpflichtende Senkung von Methanemissionen zeitnah (zwischen ~2024-2025) zu erwarten
- Bemühungen der Branche die eigenen Emissionen zu senken



Umsetzung der Strategie mit der EU-VO Methanemissionen: Erwartete Maßnahmen

EU-Kommission: Methanstrategie ~ Oktober 2020

EU-Kommission: Start eines Gesetzgebungsprozess ~ 1.HJ 2021

Freiwillige Maßnahmen

Freiwillige Minderungsziele von
Einzelunternehmen (Bsp- OGMP 2.0)

Gesetz / Verordnung
EU-VO Methanemissionen
(gültig seit 4. August 2024)

Pflicht zur Unternehmens-
Berichterstattung ME
- MRV (Art 12)

Pflicht zur Reduzierung von ME

- LDAR (Art. 14)
- Venting & Flaring (Art 15ff.)

Die EU-Methanverordnung lehnt sich an die Vorgaben der **OGMP 2.0** an



- OGMP = **O**il and **G**as **M**ethane **P**artnership
- Freiwillige Initiative mit bereits >100 Mitgliedern weltweit
- Ziel: Verbesserung der Erfassung von Methanemissionen und Reduktion

[Quelle: PowerPoint Presentation \(ogmpartnership.com\)](http://ogmpartnership.com)



→ OGMP 2.0 Reporting Levels

Levels

LEVEL 1	LEVEL 2	LEVEL 3	LEVEL 4	LEVEL 5
Venture/Asset Reporting <ul style="list-style-type: none"> • Single, consolidated emissions number • Only applicable where company has very limited information 	Emissions Category <ul style="list-style-type: none"> • Emissions reported based on IOGP and Marcogaz emissions categories • Based on generic emissions factors 	Generic Emission Source Level <ul style="list-style-type: none"> • Emissions reported by detailed source type • Based on generic emissions factors 	Specific Emission Source Level <ul style="list-style-type: none"> • Emissions reported by detailed source type using specific emissions and activity factors • Based on direct measurement or other methodologies 	Level 4 + Site Level Measurement Reconciliation <ul style="list-style-type: none"> • Level 5: Integrating bottom-up source-level reporting (L4) with independent site-level measurements. • UNEP recommends attempts at site-level measurements with possible reconciliation for a nominal 1/3 of assets with subsequent year-over-year progress to move all material assets to L5. • Site-level measurements: direct measurement technologies at a site or facility level on a representative sample of facilities



GOLD STANDARD

Reporting all material assets at Level 4 with demonstrable efforts to move to Level 5 on 1/3 of assets with year-over-year progress.

Artikel 1: Geltungsbereich

Die Verordnung gilt insbesondere für Transport- und Verteilnetze mit Hausanschlussleitungen („die öffentlich zugänglich sind“)

Artikel 3: Kosten

Die zur Einhaltung der Verordnung entstandenen Kosten und getätigten Investitionen sind bei der Genehmigung von Tarifen zu berücksichtigen, soweit diese denen eines effizienten und strukturell vergleichbaren regulierten Unternehmens entsprechen und transparent sind

Artikel 12: Überwachung und Berichterstattung (MRV – Monitoring Reporting Verification)

Vorgaben für ein Berichtswesen der Unternehmen. Die jährlichen Berichte starten 12 Monate nach dem Inkrafttreten. Sie quantifizieren die Methanemissionen. Die Berichte orientieren sich zunächst in Anlehnung an den Empfehlungen des OGMP-Frameworks 2.0 und sollen mit eigenen Messungen der Emissionsdaten verbessert werden. Behörden sollen Kontrollen durchführen.

Artikel 13: Verpflichtung zur Emissionsminderung

Es besteht eine grundsätzliche Verpflichtung, Methanmissionen zu vermeiden

[* Verordnung \(EU\) 2024/1787 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juni 2024 über die Verringerung der Methanemissionen im Energiesektor und zur Änderung der Verordnung \(EU\) 2019/942Text von Bedeutung für den EWR.](#)

Artikel 14: Leckerkennung und –reparatur (LDAR – Leak, Detection And Repair)

Die Unternehmen müssen ein Instandhaltungsmanagement in Verbindung mit Messprogrammen umsetzen. Der Aufwand zur Leckage-Detektion wird sich gegenüber der G 465-1 mehr als verdoppeln. Hier hat sich der Blickwinkel gewandelt, von der reinen Sicherheitsüberwachung (G-465) zu umweltrelevanten Überprüfungen. Neben den Messzyklen werden ebenfalls Messgenauigkeiten vorgegeben sowie die Zeiträume in denen Leckagen behoben werden sollen.

Artikel 15 – 17: Ausblasen und Abfackeln (Venting & Flaring)

Es besteht ein grundsätzliches Verbot von Ausblasen (Venting) und routinemäßigen Abfackeln (Flaring). Jedoch benennt die EU-VO Methanemissionen eine Reihe begründeter Ausnahmen, insbesondere für sicherheitsrelevante Vorgänge. Ferner wird der Einsatz der besten verfügbaren Technologie gefordert. Die Umrüstung von verbesserten Fackeln soll z. B. bis 2026 erfolgen.

Da die EU-VO Methanemissionen z. B nicht auf privaten Grundstücken und in den Gebäuden der Kunden gilt. Insofern sind bei Zählerwechseln mit geringfügigen Emissionsmengen die üblichen Minderungsmaßnahmen beizubehalten.

Artikel 27ff: Anforderungen für Importeure (Importer Requirements)

Ein dreistufiger Prozess sieht die Anwendungen der Überwachungs- und Berichterstattungspflichten sowie der Überwachungsmaßnahmen auch auf Gasproduzenten und –lieferanten ausserhalb der EU vor.

[* Verordnung \(EU\) 2024/1787 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juni 2024 über die Verringerung der Methanemissionen im Energiesektor und zur Änderung der Verordnung \(EU\) 2019/942](#)Text von Bedeutung für den EWR.

20. „**Quantifizierung**“ bezeichnet Tätigkeiten zur Bestimmung der Menge der Methanemissionen anhand direkter Messungen sowie, wenn keine direkten Messungen durchführbar sind, auf Grundlage anderer Methoden, wie Simulationsinstrumenten und anderen detaillierten technischen Berechnungen, oder aufgrund einer Kombination dieser Methoden;

**Artikel 12 der EU-VO Methanemissionen:
Jährlicher Bericht (MRV)**

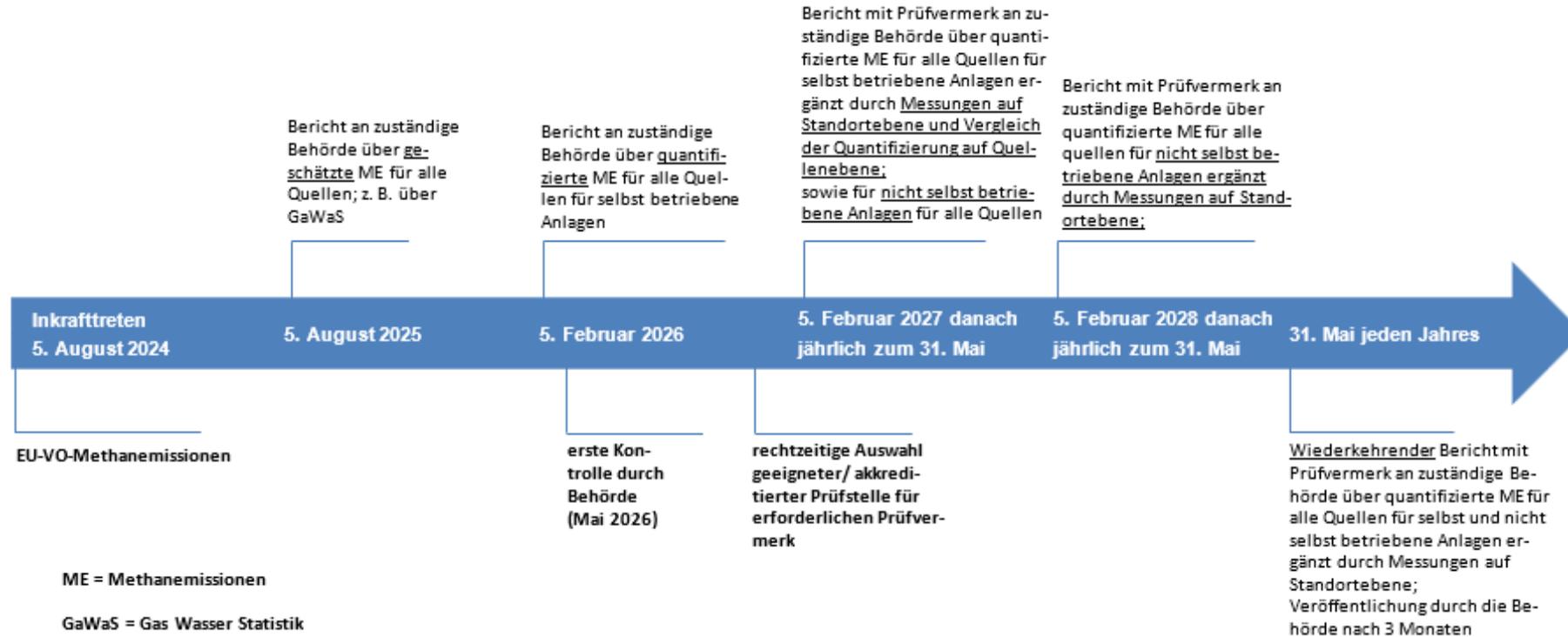


25. „Untersuchung zur **Leckerkennung und -reparatur**“ bzw. „LDAR-Untersuchung“ (Leak Detection And Repair-Survey) bezeichnet eine Untersuchung, die dazu dient, die Quellen von Methanlecks und anderen unbeabsichtigten Methanemissionen zu suchen und zu erkennen und die betreffenden Komponenten zu reparieren oder zu ersetzen;

**Artikel 14 der EU-VO Methanemissionen:
Regelmäßige Überwachung (LDAR)**

(Begriffsbestimmungen, EU-VO Methanemissionen, 06/2024)

Anforderungen an den jährlichen Methanemissionsbericht nach EU-VO Methanemissionen



Quelle DVGW (M) G 424



EU-VO Methanemissionen (Annex I) vs. G 465-1 Begehungen in der Infrastruktur mindestens verdoppelt

LDAR-Untersuchung Typ 2 (Auslegungsdruck ≤ 16 bar)

Art des Materials	Zeitabstand
Grauguss mit/ohne Bitumentumhüllung	6 Monate
Duktilguss mit Kugelgraphit	12 Monate
Ungeschützter Stahl Kupfer	24 Monate
Polyethylen PVC Geschützter Stahl	36 Monate

Tabelle 1 – Überprüfungszeiträume auf Leckstellen in Jahren innerhalb bebauter Gebiete

Leckstellenhäufigkeit Anzahl lokalisierter Leckstellen pro km überprüfter Leitungslänge)	$\leq 0,1$	$\leq 0,5$	≤ 1
Betriebsdruck	Überprüfungszeitraum in Jahren		
≤ 1 bar	6 ^a	4	2
> 1 bar bis ≤ 5 bar	4 ^a	2	1
> 5 bis ≤ 16 bar	1 ^b materialungebunden		

^a Diese Überprüfungszeiträume gelten nur für PE-Leitungen und kathodisch geschützte Stahmlösungen.

^b Zusätzlich sind Streckenkontrollen durch mindestens zweimonatliches Begehen oder Befahren oder bei gegebenen Voraussetzungen in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten durch zweiwöchentliches bis monatliches Befliegen und halbjährliches Begehen der betriebswichtigen Punkte durchzuführen; in Bergsenkungsgebieten hat das Begehen oder Befahren mindestens alle 14 Tage zu erfolgen. Der Befliegungsrythmus kann auf zwei Monate ausgedehnt werden, wenn die betriebliche Erfahrung, die Ergebnisse der Berichterstattung und die örtlichen Verhältnisse dies zulassen.



Anpassung des DVGW-Regelwerks erforderlich und in
2025 abgeschlossen

**EU-
VO
ME**

G 424 - Umsetzung EU-VO-Methanemissionen

- Veröffentlicht im Oktober 2024
- Technische Vorgaben durch EU stehen noch aus

**Art.
13 u.
15ff**

G 404:2023-07 – Reduzierung Methanemissionen Infrastruktur

- Veröffentlicht Juli 2023 – H2Ready

**Art.
12 u.
15ff**

G 426 – Bestands- und Ereignisdatenerfassung Gas

- Erweiterung der GaWaS um Emissionsdaten – OGMP2.0
- Tool ist Produktiv seit Juni,
- Merkblatt zur Berichterstattung wird erstellt

**Art.
12 u.
14**

G 465 -1, -3, -4, -5 Überprüfung von Gasrohrnetzen (Detektion, Instandsetzung, Klassifizierung)

- Auftrag für Überarbeitung und Vorstrukturierung
- Bearbeitung läuft

**Art.
12**

G 425 - Standardisierung von Messverfahren zur Quantifizierung von Methanemissionen

- Welche Methoden sind für Quantifizierung geeignet?
- Umfangreiche Struktur des Merkblattes
- Teile: 1. Allgemein, 2 Absaugmethode, 3. Bagging sowie 4 Flugzeuggestützt,
- Veröffentlicht im Oktober 2024

G Treibhausgaseffekt von Wasserstoff – state of the art

- ➔ Wirkung von H_2 in der Atmosphäre
- ➔ Abschätzung von H_2 -Verlusten durch Permeation
- ➔ Interaktion von H_2 und Böden
- ➔ H_2 Klim Forschungsprojekt
- ➔ Zusammenfassung und Literatur

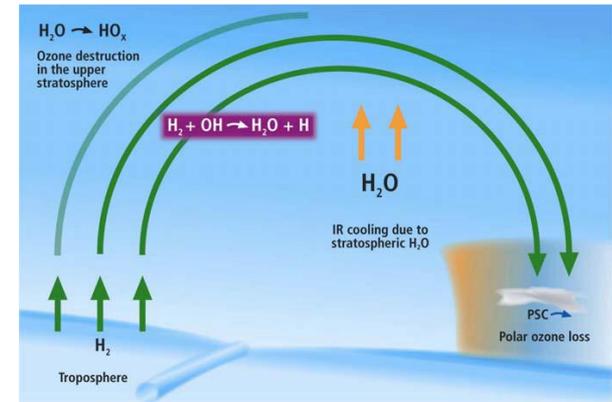


Troposphäre

- „Verbrauch von OH“-Radikalen
 - Längere Lebensdauer von Methan
 - Ca. 50% der Klimawirkung
- Erzeugung von atomarem Wasserstoff
 - Vorstufe von Ozon
 - Ca. 20% der Klimawirkung

Stratosphäre

- Stratosphärischer Wasserdampf
- Relativ neu in der wissenschaftlichen Diskussion
- Ca. 30% der Klimawirkung



Abhängigkeit verschiedener stratosphärischer Prozesse vom troposphärischen H₂-Eintrag

Quelle: Forschungszentrum Jülich GmbH

GWP100 = 11 +/-5

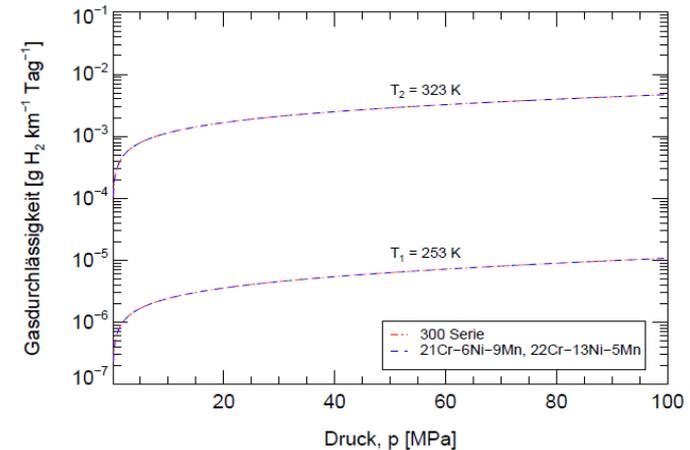
GWP20 = 33 +/-10

Quelle: N. Warwick et al., Atmospheric implications of increased hydrogen use, BEIS Research Paper (2022)

- Unter der extremen Annahme, dass einer globalen H₂-Wirtschaft die Gesamtlänge der H₂-Leitungsinfrastruktur 1×10^9 km entsprechen würde und dass alle H₂-Leitungen mit der Konfiguration ($d = 0,25$ m, $t = 0,01$ m und $p = 0,1$ MPa bis 100 MPa) betrieben würden, würden die Gasverluste max. **0,002 Mt H₂ pro Jahr** betragen.
- Natürlichen H₂ Emissionen der Ozeane betragen **3±2 Mt H₂ pro Jahr**.

→ H₂-Verluste, die in Folge der H₂-Permeation von H₂ durch die Stahlwand einer Leitung entstehen, besitzen keine wesentliche Bedeutung für das atmosphärische H₂-Inventar und sind daher für die Abschätzung der Implikationen einer globale Wasserstoffwirtschaft nicht maßgeblich

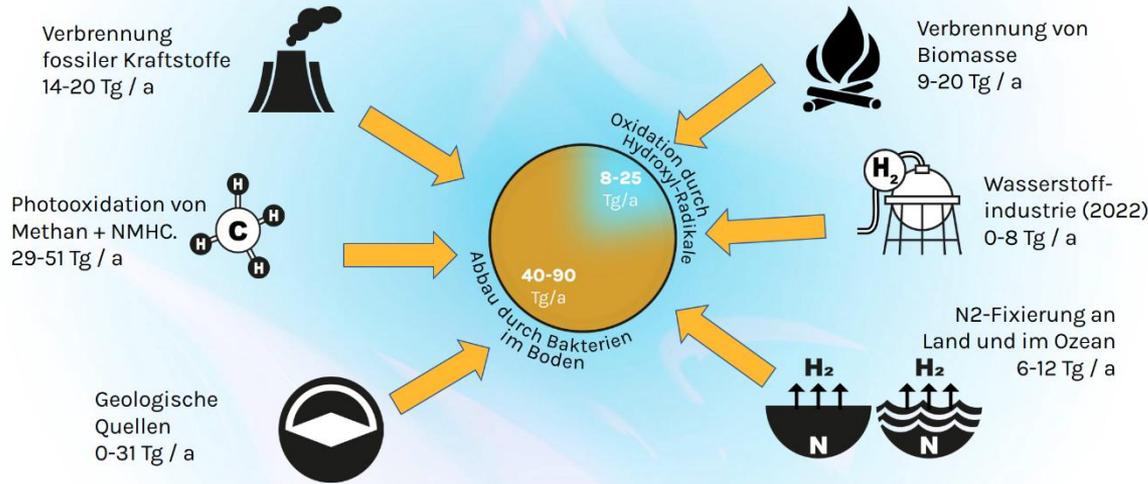
- Wenn eine globale Wasserstoffwirtschaft auf fossilen Brennstoffen basierende Energiesystem ersetzen würde und eine Leckage-Rate von 1% aufwiese, dann würde dies eine Klimawirkung von 0,6% der gegenwärtiges auf fossilen Brennstoffen basierendes System erzielen. Wenn die Leckagerate 10% betragen würde, läge die Klimaauswirkung bei 6% des gegenwärtigen Regimes.
- Je nach Studie werden dabei relative H₂-Emissionsraten in der Größenordnung zwischen 3% (Schultz et al., 2003) und 20% (Tromp et al., 2003) der produzierten Wasserstoffmenge unterstellt, wobei **H₂-Emissionsraten >10%** von Ingenieuren aus **technischer** und **ökonomischer** Sicht für **unrealistisch** erachtet werden (Prather, 2003; Zittel, 2003).



*Gasdurchlässigkeit einer H₂-Stahlleitung als eine Funktion des Druckes bei zwei unterschiedlichen Gastemperaturen
Quelle: Forschungszentrum Jülich GmbH*

Der Wasserstoff-Zyklus*

180 Tg H₂ in der Atmosphäre; Lebensdauer: 2,5 a



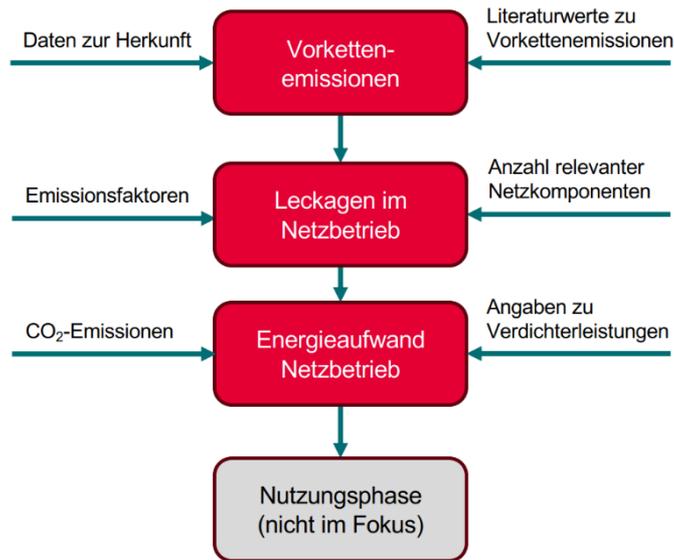
* Quelle: acatech DECHEMA Wasserstoff Kompass „Die Rolle von H₂ im Klimasystem quantifizieren“

H₂ ist allgegenwärtig, erfordert eine geringe Aktivierungsenergie und kann leicht mikrobielle Zellen durchdringen.

Aufgrund seines energetischen Potenzials wird H₂ schnell von Mikroben im Boden verbraucht, was darauf hinweist, dass die H₂-Produktion wahrscheinlich der begrenzende Schritt des biogeochemischen H₂-Zyklus ist.

Einige durchgeführte Studie zeigen, dass Wasserstoffgas (H₂) - behandelte Böden die Wachstumsleistung von verschiedenen Pflanzen (z.B. Sommerweizen, Raps, Gerste und Sojabohnen) im Vergleich mit unbehandelten Böden oder mit Luft vorbehandelte Böden verbesserten. Die Trockengewichte der 4- bis 7-wöchigen Pflanzen waren 15-48% größer in den H₂-behandelten Boden.

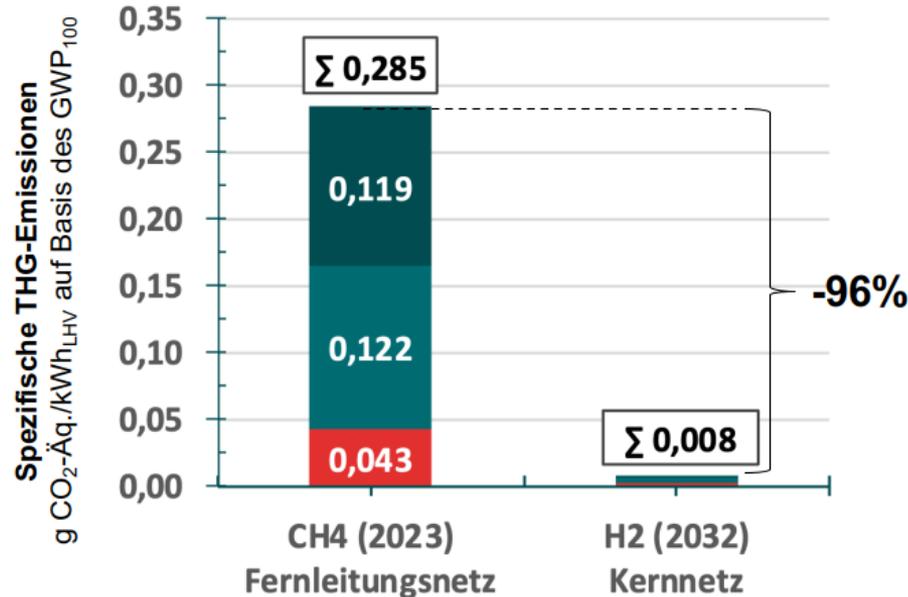
In Bezug auf Spurengase hat eine Studie gezeigt, dass die atmosphärischen CO- und H₂-Ablagerungsgeschwindigkeiten sowohl in Acker- als auch in Waldböden positiv korrelieren.



- **Ziel des Vorhabens H₂Klim ist es, die Bedeutung der Klimawirkung von H₂ im Rahmen der zukünftigen Umstellung des deutschen Erdgas-Fernleitungsnetzes auf H₂-Transport abzuschätzen.**
- Der Aufbau einer H₂-Infrastruktur muss mit einem guten Lieferkettenmanagement einhergehen, um den unbestrittenen Nutzen des Energieträgerwechsels von Erdgas und anderen fossilen Energien hin zu H₂ nicht dadurch zu schmälern, dass z. B. ein Teil des erzeugten grünen H₂ ungenutzt in die Atmosphäre entweicht.
- Eine Analyse vergleicht den Status quo und mit Transformationsplänen für das deutsche Fernleitungsnetz sowie den Stand der Forschung zur Klimawirkung von H₂.
- Es werden die Netto-Klimaeffekte für verschiedene Szenarien des Fernleitungsnetzbetriebs durch den Energieträgerwechsel von Erdgas zu Wasserstoff abgeschätzt.
- Die Projektergebnisse liefern eine wissenschaftlich fundierte Grundlage zur Einordnung aktueller Diskussionen um die Klimawirkung von H₂ und bieten Unternehmen und Politik Orientierungswissen in Bezug auf die Umsetzung einer klimafreundlichen Gasnetztransformation.
- Das Wuppertal Institut führt die Studie im Auftrag des FNB e.V. und DVGW e.V. durch.

- ➔ Es ist eine signifikante Emissionsreduktion durch die Umstellung von CH₄ auf H₂ zu erwarten
- ➔ Wasserstoff besitzt eine Klimawirkung. Sie ist gegenüber Methan jedoch deutlich geringer (der Faktor CH₄/H₂ beträgt 2,6)
- ➔ Die zukünftige Gasinfrastruktur ist mit Wasserstoff emissionsarm
- ➔ Die Netzemissionen der Wasserstoff-Fernleitungsnetze verursachen nur 1,8% der Wertschöpfungskette für Wasserstoff
- ➔ Die Diskussion zur **Vorkette** ist, insbesondere für Wasserstoff, vorrangig anzugehen
- ➔ Herkunft und Anwendung entscheiden über die Klimawirkung von Wasserstoff
- ➔ Wasserstoff ist kein Klimakiller und für die Transformation der Energiewirtschaft unerlässlich

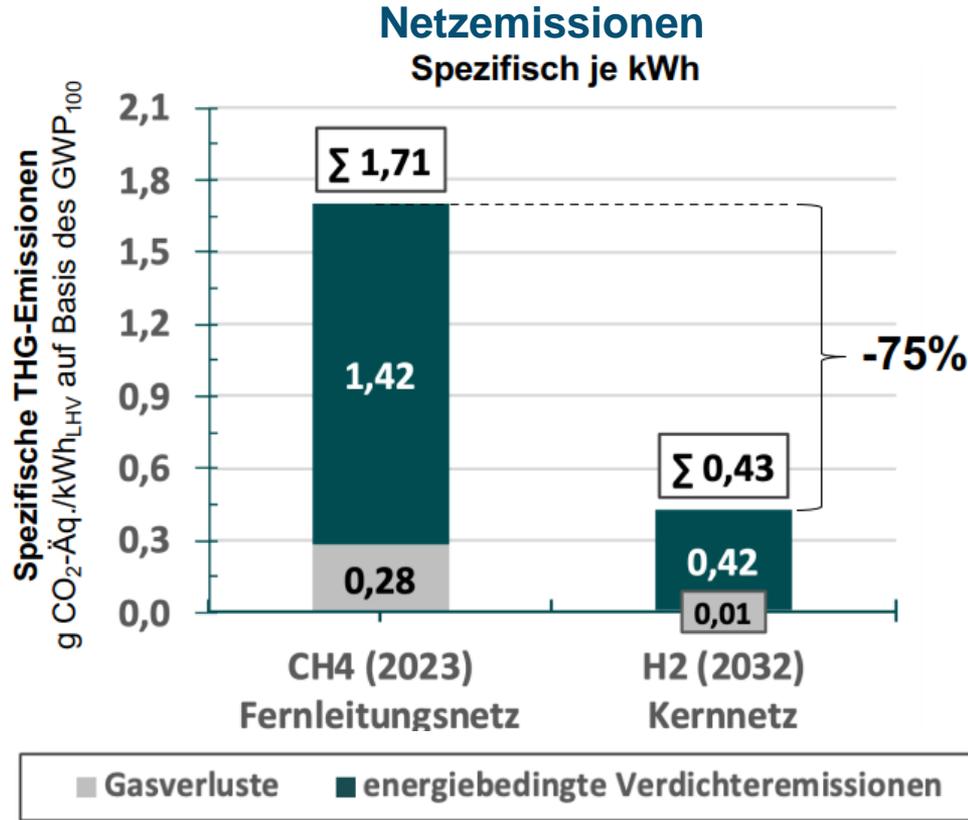
Gasverluste Spezifisch je kWh



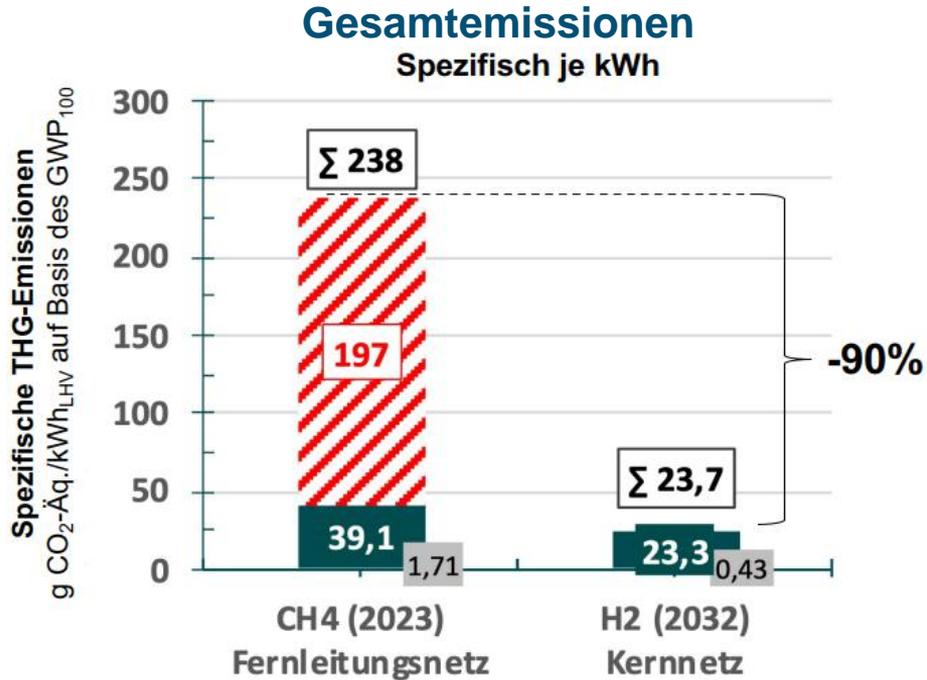
Aufgrund des GWP und der geringen Dichte von H₂ sinkt die Klimawirkung beim Energieträgerwechsel auf H₂ sehr deutlich

Rohrleitungen **Verdichter** **GDRM***

*inkl. Schieberknoten/Absperrrichtungen



Die Emissionen des Transportnetzes werden durch die verbesserte Betriebsweise und einen innovativen Energiemix gesenkt.



Mit Umstellung
auf H₂ sinken die
Gesamtemissionen
um 90%

■ Netzeissionen ■ Vorkette ▨ Nutzung (Verbrennung)

Emissionsfaktor Verbrennung CH₄ = 197,3 g CO₂/kWh_{LHV}

- Wasserstoff ist ein sauberer Brennstoff, der in zukünftigen kohlenstoffarmen Energiesystemen eine wichtige Rolle spielt.
- Wasserstoff hat eine **indirekte** Klimawirkung. Verstärkte Emissionen von Wasserstoff können die Ozonschicht schädigen und den Klimawandel auslösen.
- H₂ absorbiert keine Infrarotstrahlung und ist kein (direktes) Treibhausgas, kann aber durch Teilnahme an chemischen Reaktionen in der unteren und oberen Atmosphäre zu Auswirkungen auf die Ozonschicht und den Klimawandel führen.
- Die Verbrennung von Wasserstoff wird unweigerlich zur Produktion von Wasserdampf in der Troposphäre führen.
- Die Auswirkungen von Wasserstoff auf die stratosphärische Ozonschicht ist nach derzeitiger Studienlage schwer quantifizierbar und wahrscheinlich gering.
- Trotzdem, muss sorgfältig darauf geachtet werden, das Austreten von Wasserstoff aus Synthese, Speicherung und Nutzung von Wasserstoff zu verhindern
- Der Einfluss der Wasserstoffemissionen auf das globale Klima wird mit großer Wahrscheinlichkeit nicht gleich Null sein und ist sehr wahrscheinlich gering und erwärmend (positiver Einfluss).



Literatur zur Methanemission

1. Methan-Emissionen aus dem Verteilnetz (ME-DSO): [DVGW e.V.: G 201812 ME-DSO](#)
2. [DVGW e.V.: Gas- und Wasserstatistik](#)

Literatur zur Klimawirkung von Wasserstoff

1. Derwent, R. G. Research Report ***Hydrogen for heating: Atmospheric impacts***. A literature review BEIS Research Paper, No. 2018/21 Provided in Cooperation with UK Government, Department for Business, Energy & Industrial Strategy
2. Derwent R, Simmonds P., O'Doherty S., Manning A., Collins W., Johnson C., Sanderson M., Stevenson D.
Global Environmental Impacts of the Hydrogen Economy
3. Feck T. ***Wasserstoff-Emissionen und ihre Auswirkungen auf den arktischen Ozonverlust, Risikoanalyse einer globalen Wasserstoffwirtschaft***
4. Piché-Choquette S., Constanta P. ***Molecular Hydrogen, a Neglected Key Driver of Soil Biogeochemical Processes***
5. [Riemer M., Wachsmuth J., Ist Wasserstoff treibhausgasneutral?](#) [\(umweltbundesamt.de\)](#) Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI; Im Rahmen des Forschungsvorhaben „Transformation der Gasinfrastruktur zum Klimaschutz“ (FKZ 3720435030).

**Ende Teil 11 –
Methanemissionen**

**Nächster Teil 12 –
Innovationen**