

Global Energy Solutions

For Prosperity and Climate Neutrality

Klimagas Methan - Status Quo und Optionen zur Verminderung der Emissionen

Dr. Hans Jürgen Wernicke

13.1.2022

Methan ist eines der wichtigsten Klimagase mit einer vielfach höheren negativen Klimawirkung im Vergleich zu der von CO₂. Die Methankonzentration in der Atmosphäre nimmt wie die des CO₂ seit Beginn der Industrialisierung kontinuierlich zu. Die Anteile der wichtigsten Klimagase weltweit (dargestellt in CO₂ Äquivalenten) zeigt Abb 1. Methan steht dabei an zweiter Stelle:¹

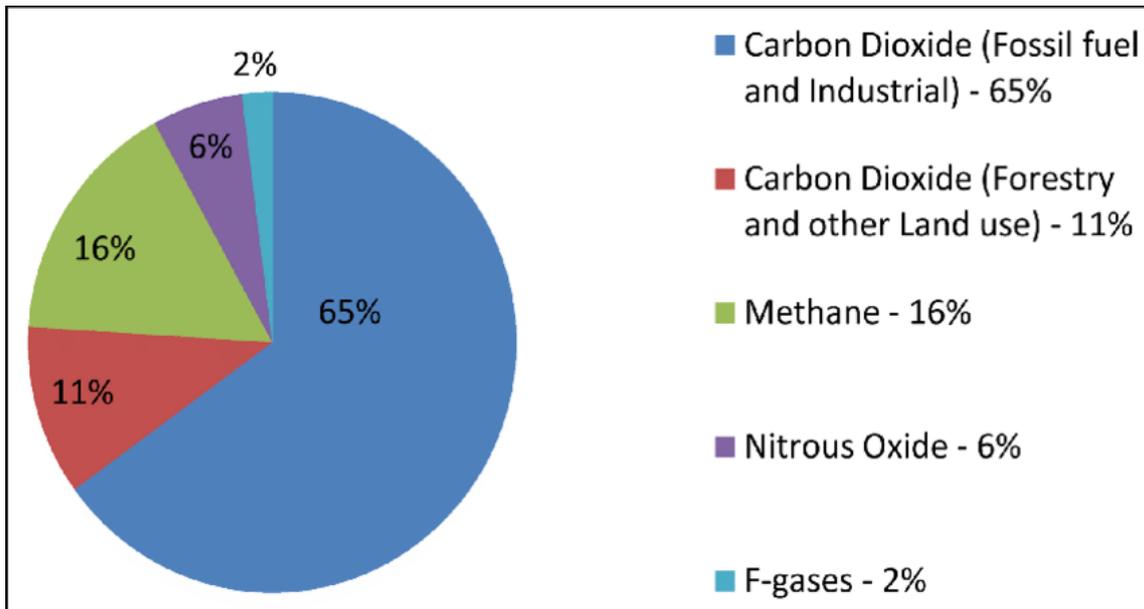


Abb. 1

Methanemissionen entstehen sowohl aus natürlichen, als auch – und zwar in größerem Umfang – aus anthropogenen Quellen.

Eine Kontrolle und Absenkung der anthropogenen Methan-Emissionen hat eine hohe Hebelwirkung im Hinblick auf eine Beschränkung der Erderwärmung.

Eine große Unbekannte ist die natürliche Freisetzung von Methan aus Permafrost- Gebieten und durch den Zerfall von Methanhydraten. Methanemissionen aus diesen Quellen sind diffus, werden durch die Erderwärmung beschleunigt und lassen sich letztlich nicht unterbinden. Verlässliche Angaben über die Größe der Lagerstätten gibt es nicht.

Das im Pariser Klimavertrag vereinbarte Ziel, die Erderwärmung infolge des Klimawandels auf 1,5 Grad gegenüber vorindustriellen Zeiten zu begrenzen, ist nur erreichbar, wenn der derzeitige jährliche Ausstoß von Methan bis 2030 um mindestens 45 Prozent verringert wird.⁴ Über 100 Länder haben auf der COP26 den Global Methane Pledge unterzeichnet und verpflichten sich, ihre Methan-Emissionen innerhalb von zehn Jahren wenigstens um 30 Prozent gegenüber dem Stand von 2020 zu reduzieren.

Die Initiatoren des Global Methane Pledge sprechen von einem möglichen Rückgang der Erderwärmung um mindestens 0,2 – 0,3 °C bis 2050, wenn das Abkommen in Bezug auf Methan global eingehalten wird.²

¹ IPCC 2014

² COP26 in Glasgow, 2.11.2021

1) Methan in der Atmosphäre

Der Methangehalt der Atmosphäre ist von 730 ppb (parts per billion) im Jahr 1750 auf heute über 1.800 ppb angestiegen. Dies ist ein Anstieg um 150 Prozent und wie beim Kohlenstoffdioxid (CO₂) der höchste Stand seit mindestens 800.000 Jahren, ermittelt durch Auswertung von Gaseinschlüssen in Bohrkernen.³

Der Anstieg der Methankonzentration in der Atmosphäre hat 2021 einen Rekordwert von 1876 ppb⁴ erreicht, wobei die Zuordnung zu anthropogenen oder natürlichen Emissionsquellen nicht geklärt sind.

Abb.2 zeigt die langfristige Entwicklung und eine Prognose, die mit der Erreichung des 1,5 Grad-Ziels konsistent wären:⁵

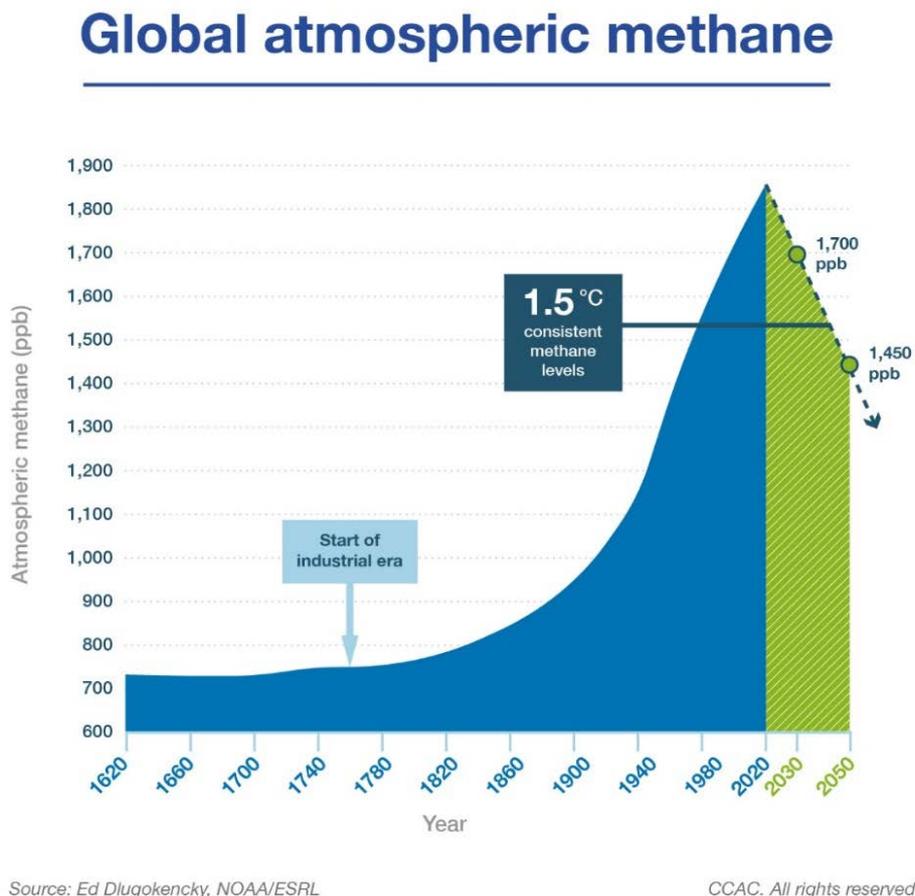


Abb. 2

(1 ppb entspricht 0,72 Mikrogramm Methan pro Nm³)

³ Loulergue, L. et al., "Orbital and millennial-scale features of atmospheric CH₄ over the past 800,000 years", Nature (453), 383–386 (2008).

⁴ Copernicus Climate Change Service (C3S), European Union, press release: "Globally, the seven hottest years on record were the last seven; carbon dioxide and methane concentrations continue to rise", Jan 10, 2022

⁵ Ed Dlugokencky, NOAA/GML (gml.noaa.gov/ccgg/trends_ch4/)

Abb.3 und 4 zeigen den Anstieg des Methangehalts der Atmosphäre in den letzten 40 Jahren auf fast 1900 ppb und die jährlichen Veränderungen.^{5 6}

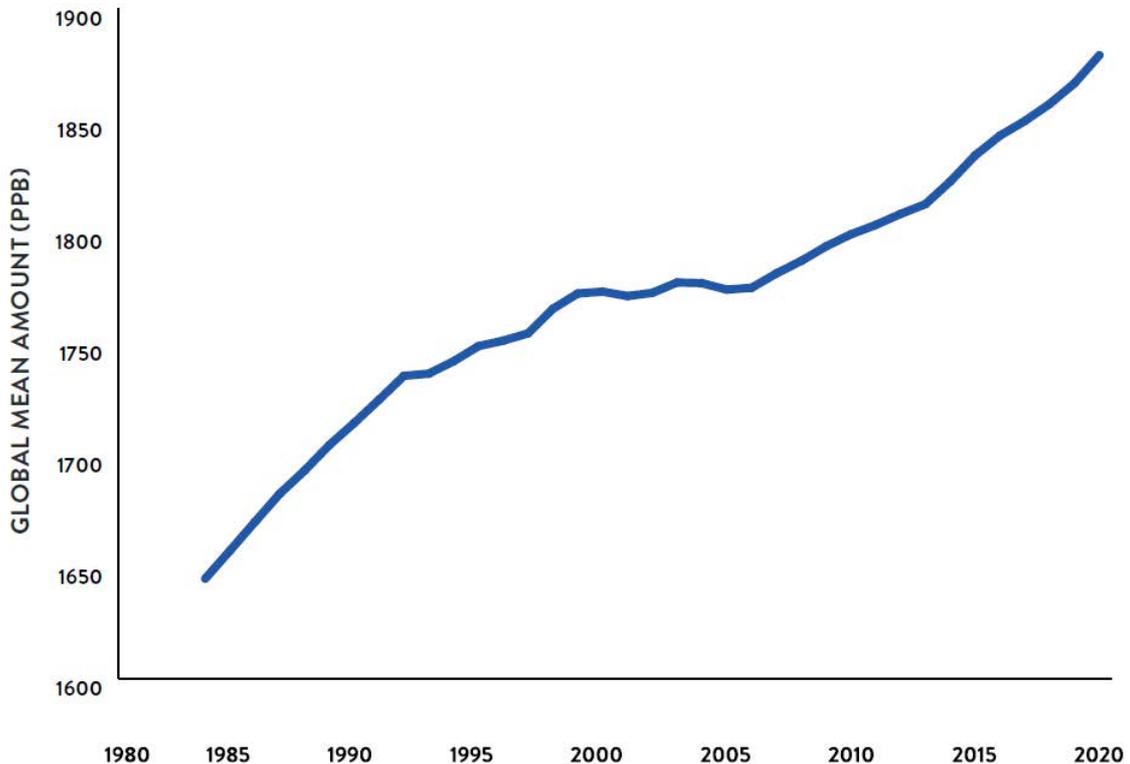


Abb. 3

So soll 1992 der Ausbruch des Vulkans Pinatubo einen starken Abfall der Methankonzentration durch Ausstoß von Aerosolen und SO_x in die Stratosphäre und in der Folge eine Beschleunigung photochemischer Zerfallsprozesse verursacht haben.

Für die starken Schwankungen beim Zuwachs des Methangehalts in der Atmosphäre seit 1980 gibt es Erklärungsversuche, die sich zum Teil widersprechen.

Nach einem ungefähren Gleichgewichtszustand zwischen Methanemissionen und -senken in den Jahren 2000-2005 steigt seitdem der Methangehalt wieder deutlich an.

Der Anstieg seit 2007 wird zum einen auf die fortschreitende Intensivierung der Landwirtschaft vor allem in Asien und Afrika, stärkere Emissionen aus tropischen Feuchtgebieten, aber auch auf die Ausbeutung von Schiefergas durch Fracking, vor allem in den USA, zurückgeführt.⁷

⁶ UN Environment Programme and Climate and Clean Air Coalition (2021): Global Methane Assessment and Costs of Mitigating Methane Emissions

⁷ Howarth, R. W., "Ideas and perspectives: is shale gas a major driver of recent increase in global atmospheric methane?" Biogeosciences, 16, 3033–3046 (2019)

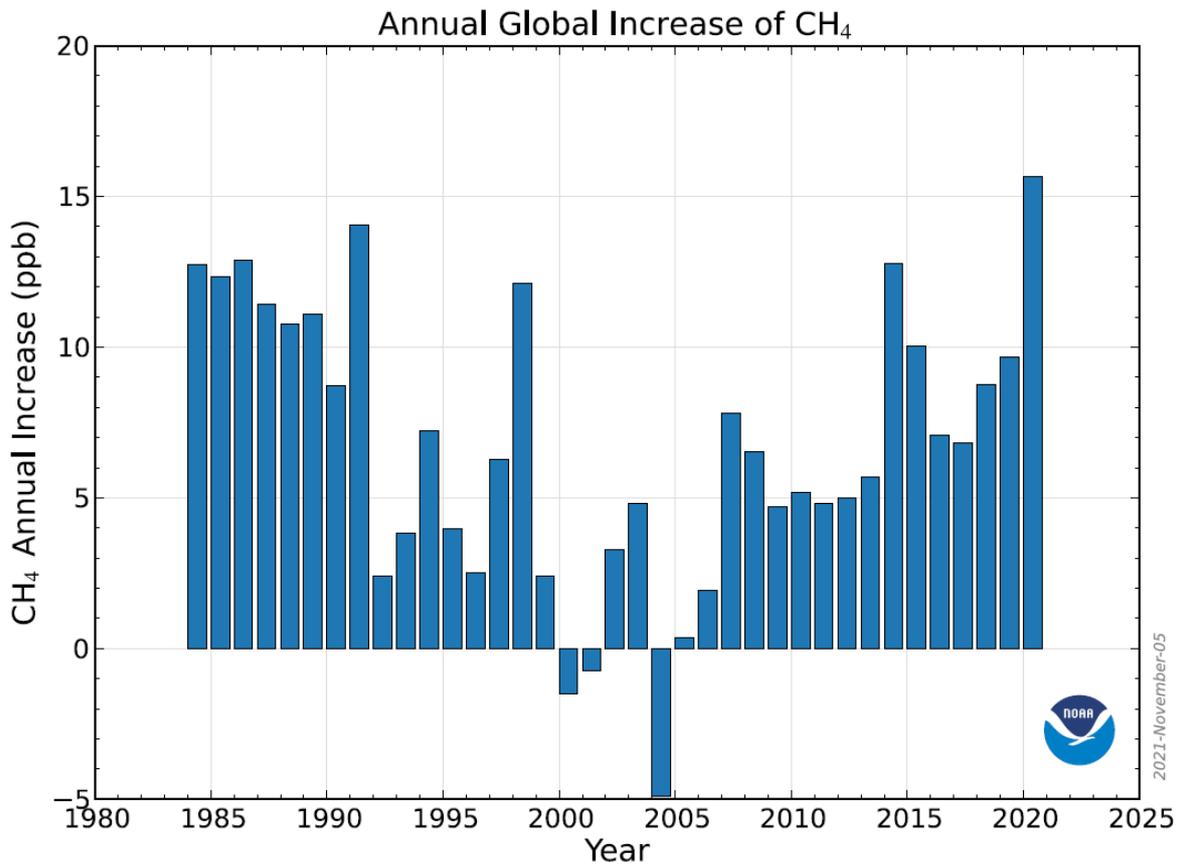


Abb.4

Die durchschnittliche Verweilzeit von Methan in der Atmosphäre beträgt 12,4 Jahre, sie ist also wesentlich kürzer als die von CO₂ (120 Jahre). Trotzdem ist Methan als Klimagas 25-mal so schädlich wie Kohlendioxid,⁸ wobei der Faktor anfänglich deutlich höher ist und sich allmählich auf das Niveau von ca. 25 einstellt. Die Environmental Protection Agency rechnet mit einem Faktor im Bereich 84-87 in den ersten 20 Jahren.

2) Methan-Emissionen

Zirka 40 Prozent der weltweiten Methan-Emissionen gehen auf natürliche Quellen wie Feuchtgebiete, Seen, aber auch auftauende Permafrost Gebiete zurück, 60 Prozent aus anthropogenen Quellen, z.B. aus der Förderung von Kohle, Öl und Gas, Deponien, vor allem aber auch aus der Landwirtschaft.

Die Gesamtemission wird auf ca. 600 Mio to (Jahr 2017) geschätzt, davon ca. 370 Mio to aus anthropogenen Quellen und ca. 230 Mio to aus natürlichen Quellen.⁹

⁸ Daten und Fakten Erdgas, 2. Version, März 2020, DVGW Bonn

⁹ R.B. Jackson et al, "Increasing anthropogenic methane emissions arise equally from agricultural and fossil fuel sources" Environ. Res. Lett. 15 (2020), 071002

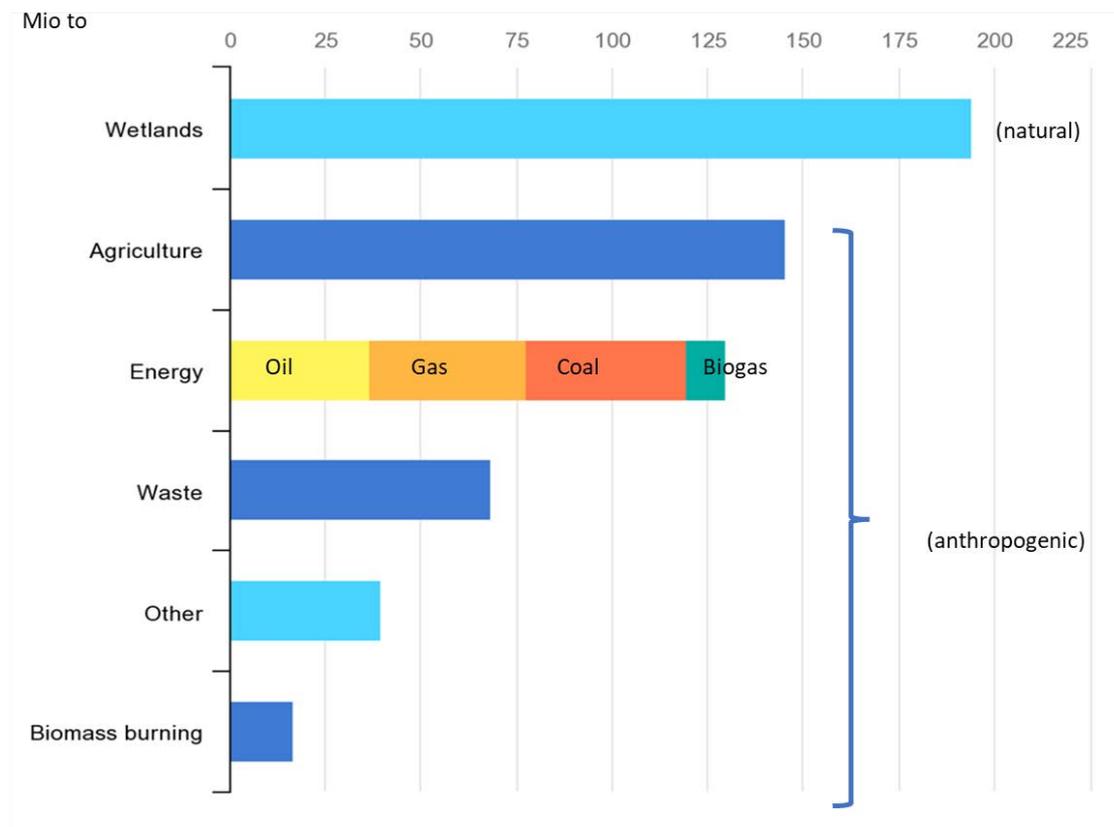


Abb.5

Die Verteilung der Emissionsquellen zeigt Abb. 5 auf Basis einer von der IEA angenommenen, etwas geringeren Gesamtemission von 570 Mio to für 2020.¹⁰

Einer etwas anderen Kategorisierung¹¹ folgend entstehen die Methanemissionen zu

- 30% aus der Viehhaltung und Verarbeitung von Gülle
- 22 % bei Produktion und Verwendung von Gas und Öl
- 18% aus der Abfallverwertung und aus Deponien
- 11% aus Kohleabbau, Gichtgas
- 8 % aus Reisanbau
- 8% aus der Verbrennung von Biomasse und Biotreibstoffen
- und diversen kleineren Quellen

¹⁰ www.iea.org/reports/methane-tracker-2020

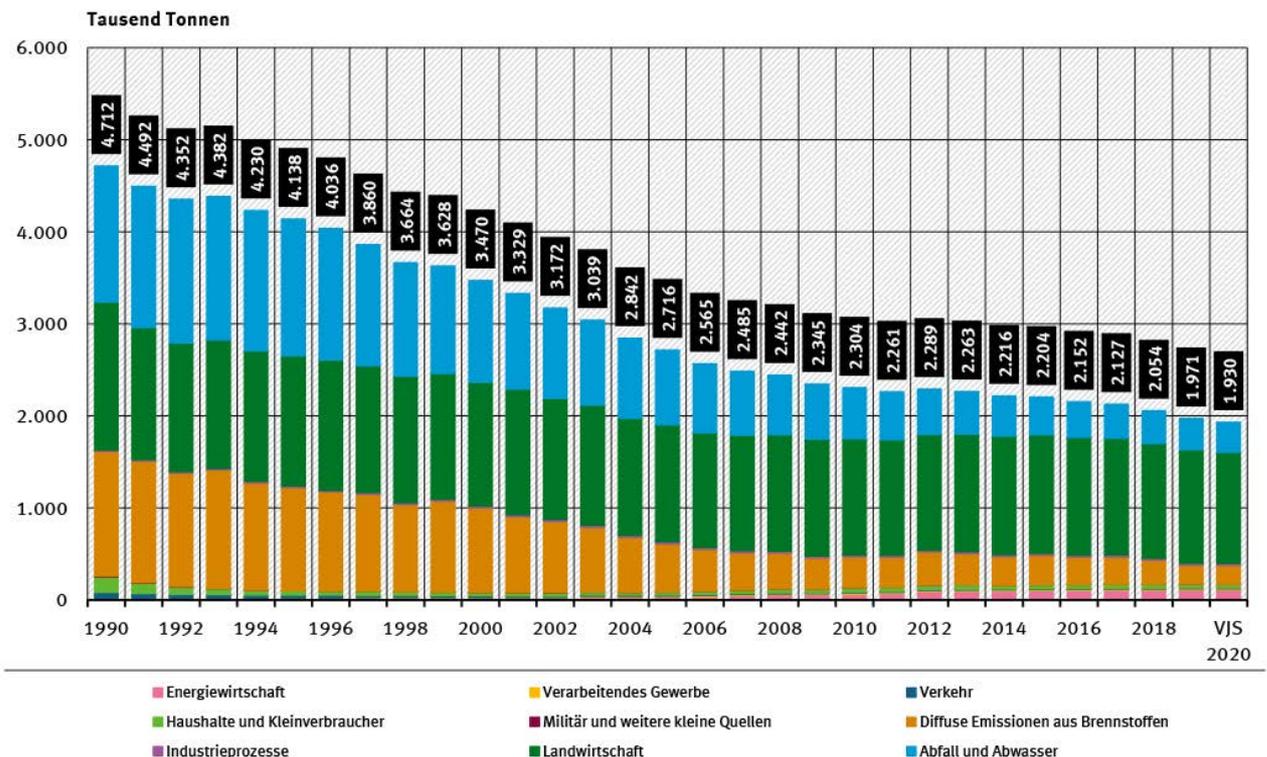
¹¹ www.ccacoalition.org, Climate and Clean Air Coalition, "Global Methane Budget", Paris, 15 July, 2020

Nach Regionen verteilen sich die Emissionen wie folgt (Schätzung 2017)¹²:

- China	46 – 74	Mio to / a
- Südostasien ohne China	30 – 50	Mio to / a
- Westasien (Indien)	23 – 29	Mio to / a
- Nordamerika:	35 – 50	Mio to / a
- Lateinamerika	50 – 60	Mio to / a
- Afrika	45 – 50	Mio to / a
- Russland	20 – 25	Mio to / a
- Europa (ohne Russland)	22 – 26	Mio to / a

In Deutschland betragen die jährlichen Methanemissionen ca 1,9 Mio to. Hauptemittenten sind die Landwirtschaft, Abwasser- und Abfallbehandlung. Seit 1990 sind die Emissionen um fast 60 Prozent zurückgegangen, was auf kleinere Abfalldeponien, verringerte Tierbestände und sinkende Kohleförderung zurückgeführt wird (Abb. 6).¹³

Methan-Emissionen nach Kategorien



Emissionen ohne Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft
 Verkehr: ohne land- und forstwirtschaftlichen Verkehr
 Haushalte und Kleinverbraucher: mit Militär und weiteren kleinen Quellen (u.a. land- und forstwirtschaftlichem Verkehr)

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Treibhausgas-Inventare 1990 bis 2019 (Stand 12/2020) sowie Vorjahresschätzung (VJS) für das Jahr 2020 (PI 07/2021 vom 15.03.2021)

Abb.6

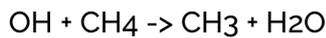
¹² www.ccacoalition.org, Climate and Clean Air Coalition (CCAC), United Nations Environment Programme (UNEP) „Global Methane Assessment“, 2021“

¹³ UBA, 21.6.2021

3) Methansenken, Methanbilanz und Prognosen

In Zusammenhang mit den Veränderungen der Methankonzentration in der Atmosphäre nach dem Ausbruch des Vulkans Pinatubo in 1992 wurden natürliche Methansenken näher untersucht. Im Wesentlichen wird Methan durch chemische Reaktion mit OH-Radikalen und Ozon in der Troposphäre (ca. 80 Prozent), zum kleineren Teil in der Stratosphäre (15 Prozent) abgebaut.

Die wichtigste Senke ist die chemische Reaktion mit dem Hydroxyl-Radikal OH in der Troposphäre:



Die Reaktion von Methan mit OH-Radikalen führt zur Bildung von Wasser und Methylradikalen, die über einige weitere Zwischenschritte letztendlich zu CO_2 umgesetzt werden.

Durch diesen Prozess werden pro Jahr ca. 500 Mio to Methan aus der Atmosphäre entfernt.

Die Aufnahme von Methan im Boden oder in Ozeanen und bakterieller Abbau ist dagegen vernachlässigbar (5 Prozent).¹⁴

Die Gesamtmenge Methan, die über Senken abgebaut wird, wird insgesamt auf unter 600 Mio to / a geschätzt.

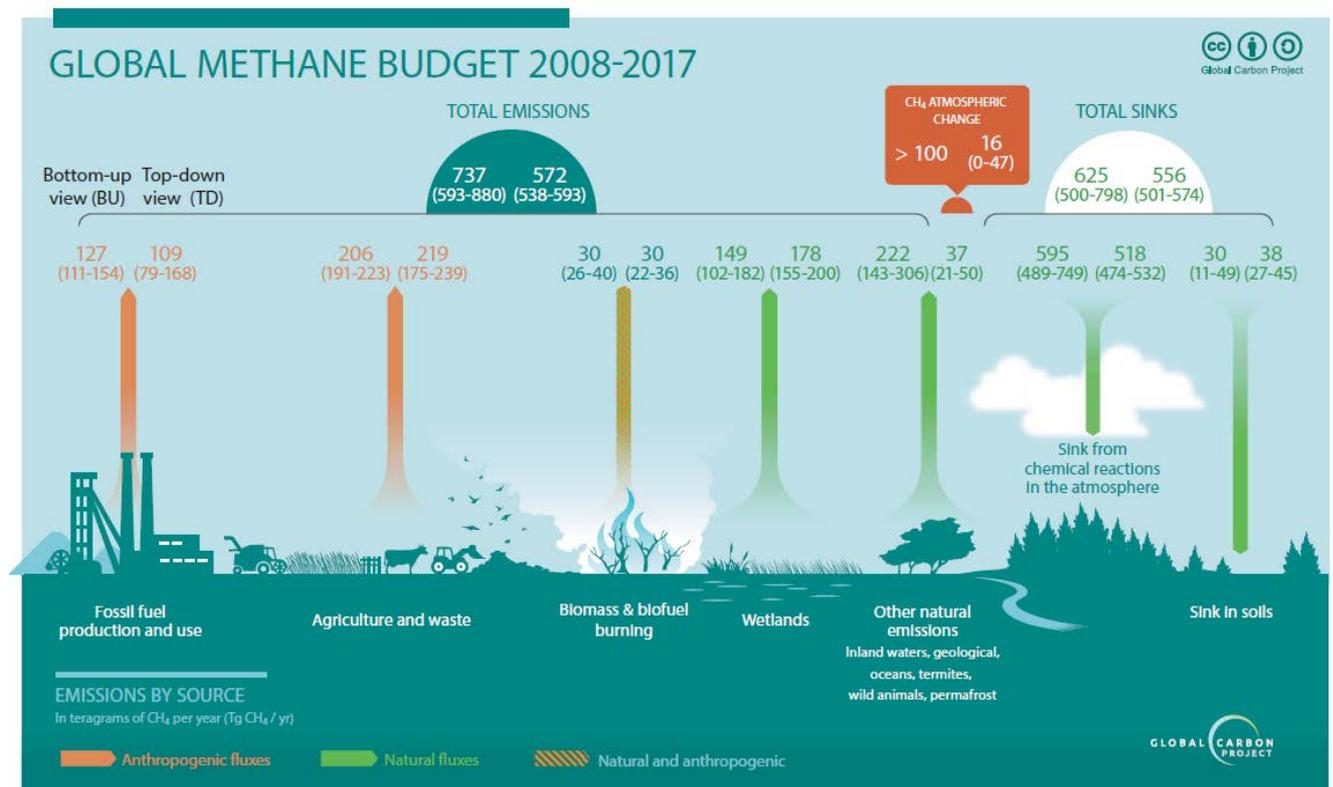


Abb. 7

Die Gesamtbilanz der Emissionen und Senken wurde in umfangreichen internationalen Carbon Cycle Studien unter Regie des Penn State Earth System Science Center (ESSC) und

¹⁴ N. Nechita-Banda, „Variations in the atmospheric methane budget after the Mount Pinatubo eruption“, Thesis, Univ. Utrecht, July 2015

des NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration des US Department of Commerce) für den Zeitraum 2008 – 2017 aufgeschlüsselt, siehe Abb. 7.¹⁵ Die Mengenbereiche sind weitgehend konsistent mit allen anderen zitierten Quellen.

Prognosen in die Zukunft in Abhängigkeit von der Erderwärmung sind schwierig, da trotz Gegenmaßnahmen beim derzeit anthropogenen Anteil von ca. 60 Prozent die Entwicklung der natürlichen Emissionen einschließlich des im Permafrost und als Methanhydrat gebundenen Methans schwer zu quantifizieren ist.

Klimamodelle im Rahmen des Global Carbon Projects¹⁶ unterstellen eine weitere Zunahme der Methankonzentration in der Atmosphäre, es sei denn, die Erderwärmung kann auf 0,9 – 2,3 °C (Jahr 2100 im Vergleich zu Jahre 1850-1900) begrenzt werden (Abb. 8).^{17 18}

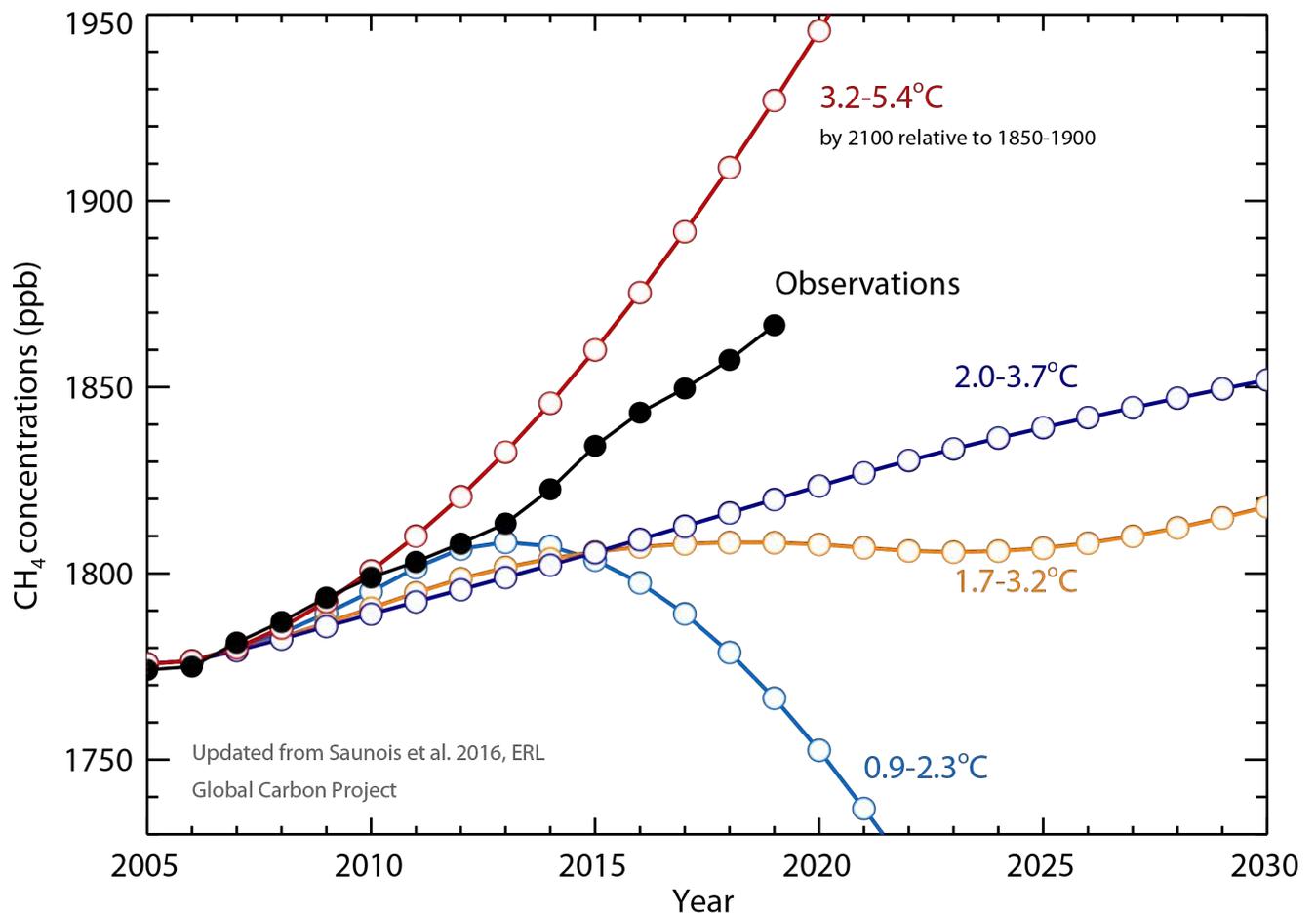


Abb. 8

¹⁵ <https://doi.org/10.5194/essd-2019-128>, "The Global Methane Budget 2000-2017", 19.8.2019, accessed Dec. 8, 2021

¹⁶ [www.https://www.globalcarbonproject.org](https://www.globalcarbonproject.org)

¹⁷ Global Carbon Project, "Global Methane Budget 2020", 15 July 2020

¹⁸ M. Saunois et al, "The Global Methane Budget 2000-2017, Earth Syst. Sci. Data, 12, 1561-1623, 2020

4) Permafrost und Methanhydrat

Zur potentiellen Methanbildung aus auftauenden Permafrost-Gebieten gibt es widersprüchliche Aussagen. Die Angaben reichen von nicht mehr als 20 Mio to /a (Sibirien)¹⁹ bis zu 130-160 Mrd. to in diesem Jahrhundert (also durchschnittlich 1,6 – 2 Mrd. to /a).²⁰ Der weite Bereich liegt an der Unsicherheit, welche Flächen in Abhängigkeit von der regional unterschiedlichen Erderwärmung betroffen sind. Prognosen in Abhängigkeit von der Erderwärmung sind entsprechend unsicher.

Detailliertere Modellrechnungen für so genannten Yedoma-Permafrostboden (50-90 Prozent Eis, 2 Prozent organischer Kohlestoff) unter Annahme einer Erderwärmung von unter 2 Grad C bis zum Ende dieses Jahrhunderts (RCP 2,6 Szenario) tangieren das in Abb. 9 dargestellte Gebiet und die pro m2 gebundenen Kohlenstoffmengen.

Sie führen nach diesen Modellrechnungen zu Methanemissionen von ca. 620 – 1340 Mio to.²¹

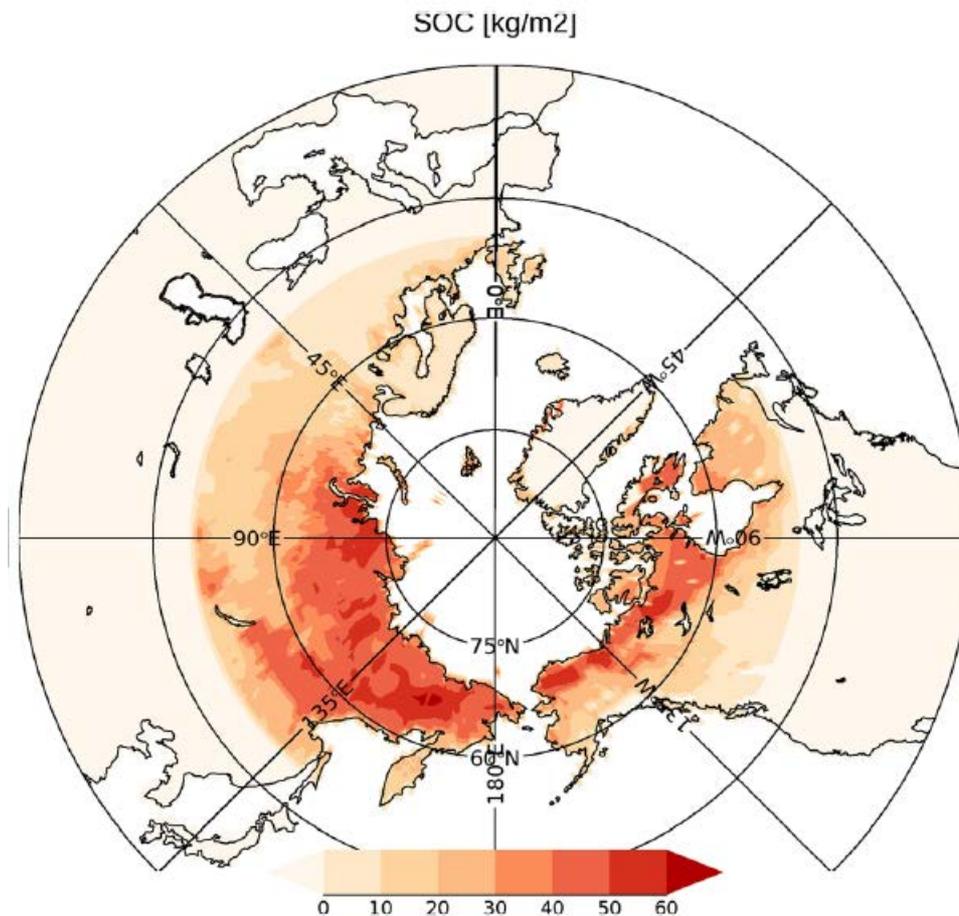


Abb.9

¹⁹ O.Anisimov et al. „Thawing permafrost and methane emission in Siberia: Synthesis of observations, reanalysis, and predictive modelling”, *Abio* 50, 2050-59 (2021)

²⁰ E. A. G. Schuur et. Al., „Climate change and the permafrost carbon feedback”, *Nature* 520, 171-179 (2015)

²¹ T.Yokohata et al. „Model improvement and future projection of permafrost processes in a global land surface model”, *Progress in Earth and Planetary Science*, Nov. 2020 7(1):69

Um Methan aus Permafrostböden zu gewinnen, sind Versuchsbohrungen u.a. in Sibirien und in Kanada durchgeführt worden, die jedoch nicht zu einer kommerziellen Produktion geführt haben.

Beispiele sind die Exploration in Mallik im Mackenzie Delta in Kanada ²², in Qilian/China ²³ und in Sibirien.

Methanhydrat (Methaneis):

Methanhydrat ist ein bei niedrigen Temperaturen und hohen Drucken beständiger Feststoff (Klathrat) aus Methan und Wasser. Das Phasendiagramm zeigt Abb. 10. ²⁴

1 m³ Methanhydrat kann bis zu 170 m³ Gas enthalten.

Das eingeschlossene Methan stammt vorwiegend aus der Zersetzung von Biomasse durch mikrobielle Methanogenese in Methan (und CO₂).

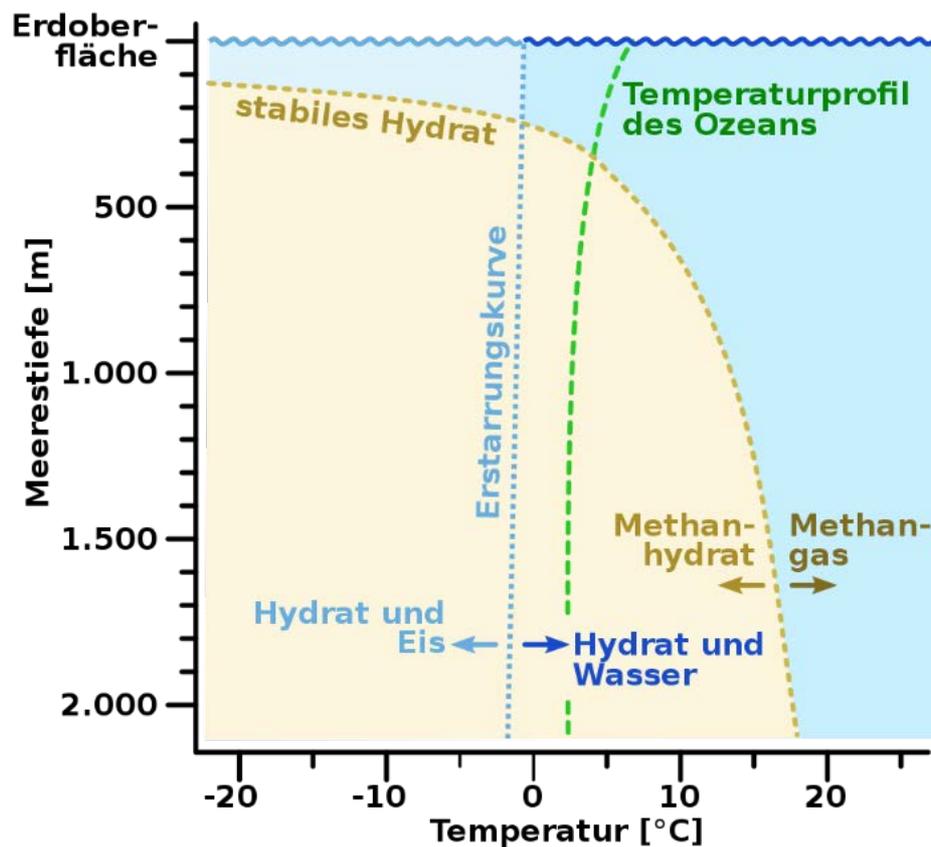


Abb. 10

²² G. J. Moridis et al "Numerical studies of gas production from several CH₄ hydrate zones at the Mallik site, Mackenzie Delta, Canada", Journal of Petroleum Science and Engineering 43 (2004) 219 – 238

²³ Xiao-Sen Li et al, "Numerical Simulation of Gas Production from Natural Gas Hydrate Using a Single Horizontal Well by Depressurization in Qilian Mountain Permafrost", Ind. Eng. Chem. Res. 2012, 51, 11, 4424–4432

²⁴ L. Capitanio, „Methane Hydrate Science and Technology, a 2017 Update, NETL/ US Department of Energy

Methanhydrat findet sich in großer Menge in den Kontinentalabhängigen von Ozeanen in Tiefen von gewöhnlich 500 bis 2000 Metern. Wenn sich warme Meeresströmungen in Richtung von Methanfeldern verlagern und das Wasser um zirka fünf Grad Celsius erwärmt, kann es zur Freisetzung von großen Mengen Methan kommen (sogenannter Blow-Out-Effekt).

Methanhydratvorkommen sind weltweit an fast allen Meeresküsten zu finden (Abb. 11)²⁵

Die Gesamtvorkommen sind nicht bekannt, Schätzungen liegen zwischen 1000 und 530.000 (!) Gigatonnen Kohlenstoff, in jedem Fall geht es um ein Vielfaches der existierenden Vorräte an fossilen Brennstoffen^{26 27}.

Inwieweit durch die Erwärmung der Meere Methan aus Methanhydraten tatsächlich in größerem Umfang freigesetzt wird, ist nicht bekannt. Man vermutet ein Gleichgewicht zwischen Methanzerfall und Neubildung durch erhöhten Druck infolge steigender Meeresspiegel.

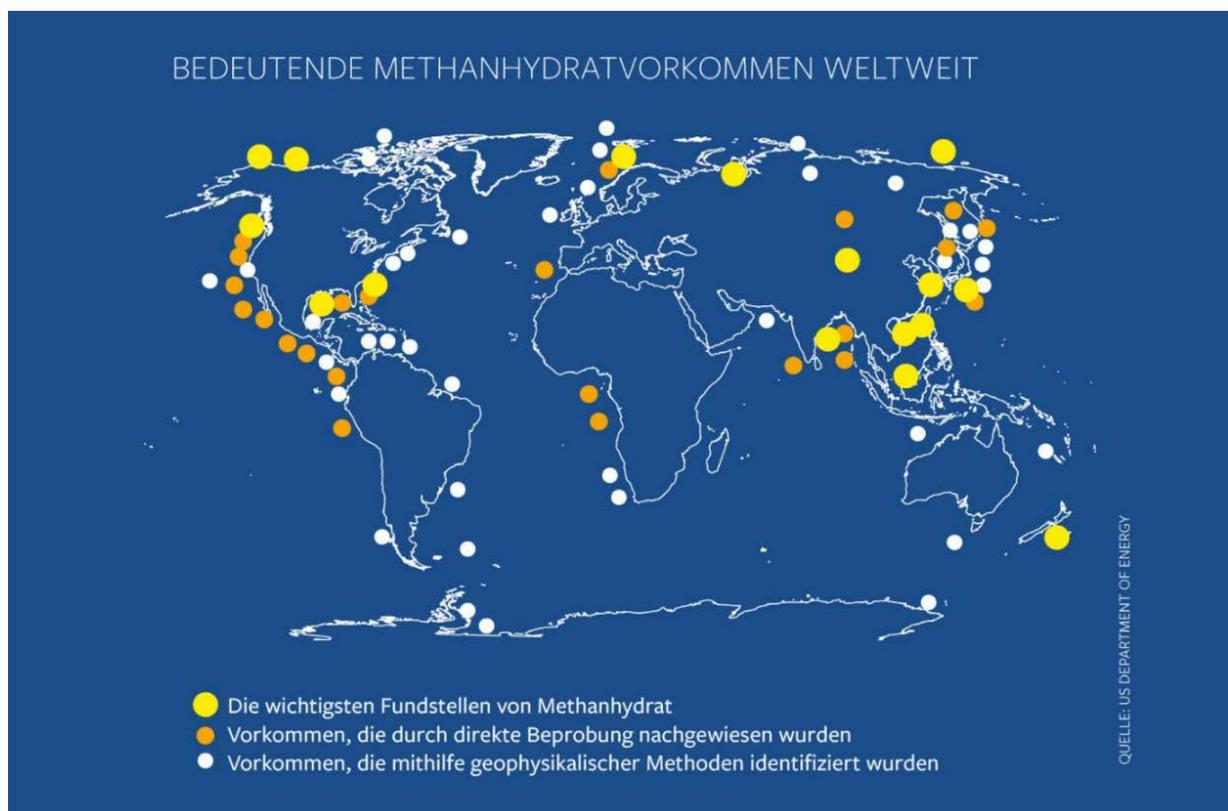


Abb. 11

²⁵ H. Kroker, „Wie der Schatz der Tiefsee gefördert werden soll, WELT Wissen, 2.03.2015 |

²⁶ World Ocean Review 2010, „Wie der Klimawandel die Chemie der Meere verändert“ S. 48-53, Maribus Hamburg

²⁷ T. Treude, „Methanhydrat - das brennende Eis, ein faszinierender Stoff wird erforscht“, GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel, 2021, www.geomar.de/news/article/methanhydrat

Methanhydrate gelten als ein träg reagierendes Kippelement im Zuge der Erderwärmung, Mengenprognosen aus Modellrechnungen sind eher spekulativ. Manche Publikationen sprechen von einer schwer fassbaren „Zeitbombe“.

Die industrielle Gewinnung von Methan aus dem Abbau von Methanhydraten ist bisher nur in Form von Testbohrungen erfolgt, so z.B. eine Förderung von 300 000 m³ von Mai bis Juli 2017 in einer Tiefe von 1266 m im Südchinesischen Meer nahe der chinesischen Küste.²⁸ Auch Japan, Indien und die USA haben entsprechende Tests durchgeführt, eine kommerzielle Nutzung hat sich wegen der komplexen Fördertechnik, der Gefahr von unkontrolliertem Methanaustritt infolge von Hangrutschungen und letztlich aus Kostengründen nicht entwickelt.

5) Optionen zur Verminderung von Methanemissionen

Methan-Emissionen sind im Vergleich zu CO₂-Emissionen häufig diffuser Natur und daher schwieriger zu fassen und damit zu vermindern. Allein in den USA emittieren 60000 Erdgas- und Erdölbohrungen, weltweit ein Viehbestand von ca. 1,5 Mrd. Rindern und 6000 verlassene Kohleminen Methan.²⁹

Die einzelnen Sektoren und ihre Beiträge zu den anthropogenen Methanemissionen im Jahr 2020 sind in Abb 12 aufgeschlüsselt.^{24 30}

Konkrete Maßnahmen sind im Wesentlichen die Abdichtung von Leckagen und das Abfangen von Restgasen bei der Produktion fossiler Energie und bei Deponien. Graduelle Verminderung von Methanemissionen sind in der Landwirtschaft und der Viehhaltung möglich.

Mit bekannten Maßnahmen und Technologien könnten die Methan-Emissionen in dieser Dekade um bis zu 57 Prozent gesenkt werden, ein Viertel davon ohne zusätzliche Netto-Kosten durch Erhöhung von Wirkungsgraden, Schließung von Leckagen und Methan-Rückgewinnung.³¹ Dies wäre nur erreichbar, wenn alle Emissionsquellen gleichzeitig, weltweit und mit hohem finanziellem Aufwand angegangen würden.

Neue Messmethoden auf Basis von Infrarotlaser-Techniken erlauben die Erkennung und Konzentrationsbestimmung von Methanaustritten bei Flugzeugen und Drohnen. Diese Methode ist in der amerikanischen Öl- und Gasindustrie, aber auch in russischen Gasfördergebieten im Einsatz.^{32 33}

²⁸ Jin-faLia et. Al, "The first offshore natural gas hydrate production test in South China Sea", China Geology, Volume 1, Issue 1, March 2018, 5-16

²⁹ McKinsey-Studie „Curbing Methane Emissions, Sept. 2021

³⁰ www.globalmethane.org, „Global Methane Emissions and Mitigation Opportunities“ (2020)

³¹ Ocko, I. B. et al., „Acting rapidly to deploy readily available methane mitigation measures by sector can immediately slow global warming“ Environ. Res. Lett. 16, 054042 (2021).

³² M.R. Johnson et al, "Blinded evaluation of airborne methane source detection using Bridger Photonics LiDAR", Remote Sensing of Environment, 259, 112418 (2021)

³³ S. Yakovlev et al, "Remote Sensing of Atmospheric Methane with IR OPO Lidar System, Atmosphere 11, 70 (2020)

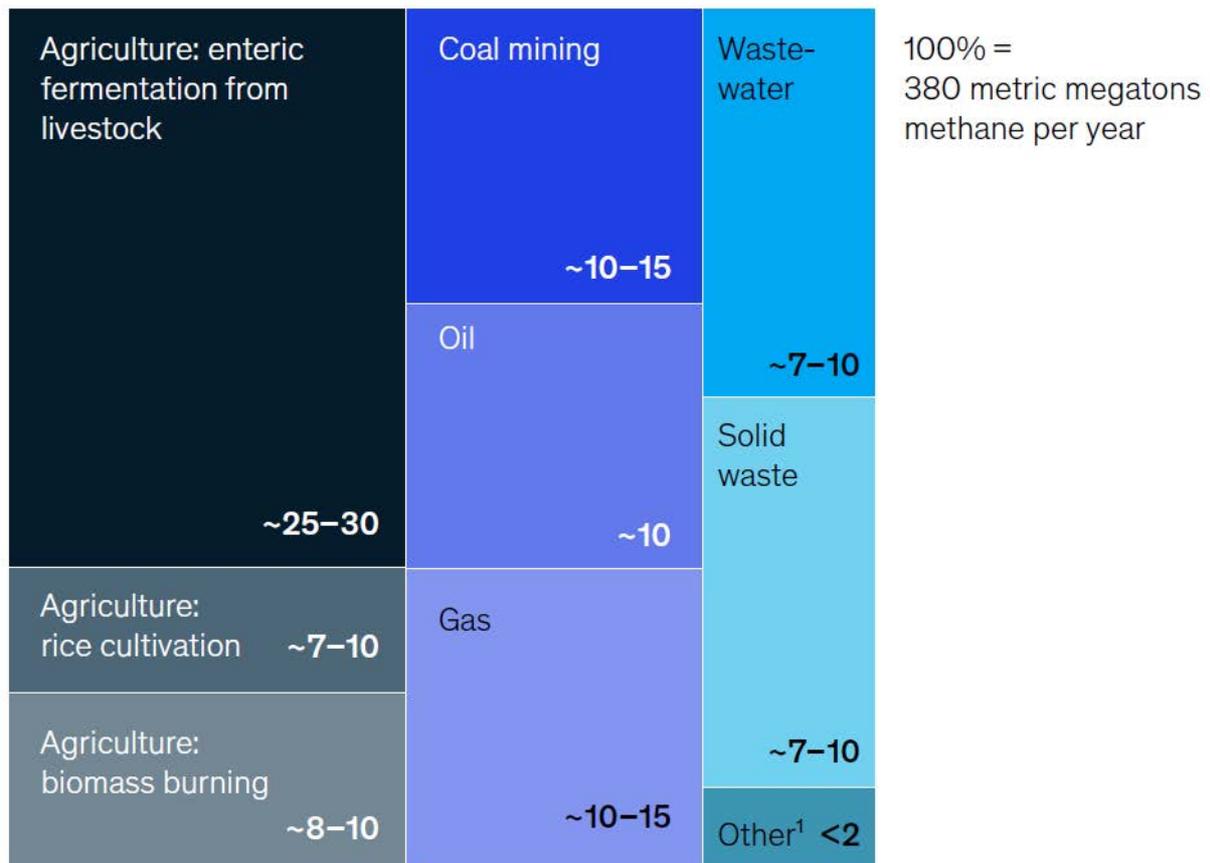


Abb. 12

Öl und Gas (Abb. 13):

Methanemissionen entstehen bei der konventionellen Förderung von Erdgas und Erdöl als Begleitgase sowie aus unkonventionellen Quellen wie Schiefergas, so genanntes „tight gas“ aus gasdurchlässigen Sedimenten sowie Kohlebegleitgas.

Die Methanverluste in der Öl- und Gasindustrie werden von der IEA mit ca. 75 Mio to /a beziffert. Bei Erdgas beträgt die Verlustrate bis zu 1,7 Prozent der geförderten Gesamtmenge, in Russland sollen die Verluste bis zu 2,5 der geförderten Menge betragen.

Besonders hoch sind die Emissionen beim Fracking mit Methanverlusten, die für die USA mit bis zu 3,7 Prozent veranschlagt werden.³⁴

Die zahlreichen Leckagen reichen bis in städtische Netze, so gelangen z.B. rund 286 Tonnen Methan jährlich allein über das Hamburger Gasnetz in die Atmosphäre.³⁵

Ab einer Verlustrate von 3,2 Prozent trägt Erdgas stärker zum Klimawandel bei als Kohle.³⁶

³⁴ A. Vaughan, „Fracking wells in the US are leaking loads of planet-warming methane“, New Scientist, 22 April 2020

³⁵ PM Environmental Defense Fund Europe, „Scientists Discover 50 Methane Leaks in City of Hamburg's Gas Utility Network“, 4.12.2020

³⁶ Th. Traber, „Natural Gas Makes no Contribution to Climate Protection, Energy Watch Group, Berlin 2019

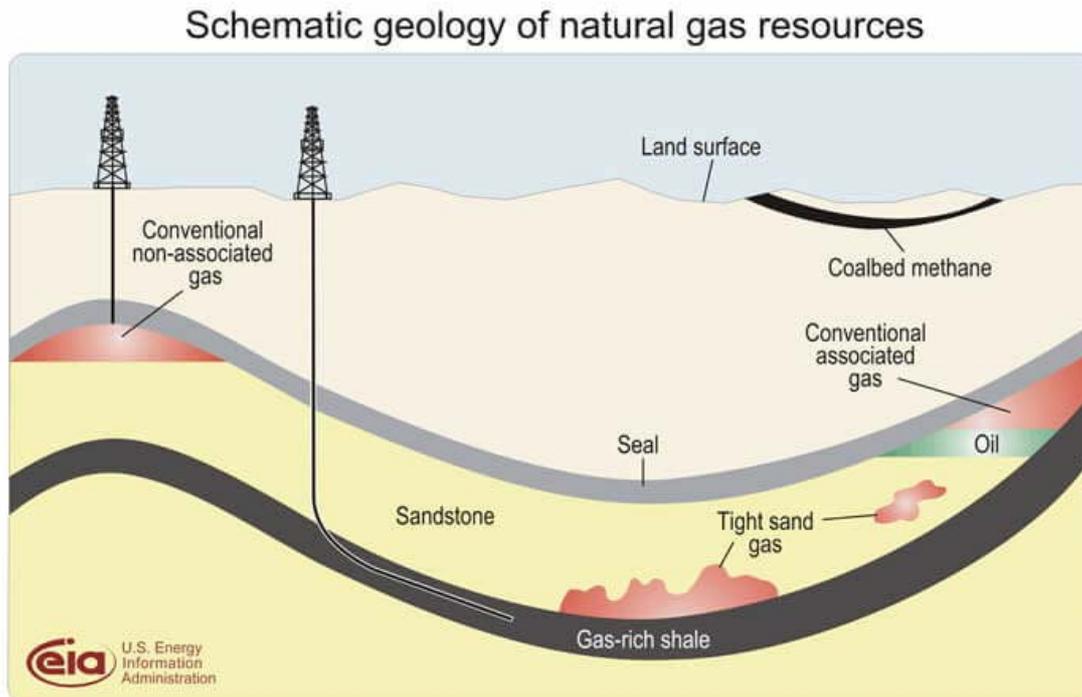


Abb.13 ³⁷

Hauptmaßnahmen zur Verminderung der Methanemissionen sind die Suche und Schließung von Leckagen an Bohrlöchern, Pipelines, Pumpen und Kompressoren entlang der gesamten Erdgas- und Öl-Prozesskette. Dies betrifft vor allem die Rückgewinnung von Erdölbegleitgasen, Erneuerung von Fackeln und Methan-Rückgewinnung aus Tanks und Blowdown-Behältern bis hin zu Tankstellen und lokalen Gasnetzen.

Kohle (Abb. 14):

Die Emissionen von Methan beim Kohleabbau, sowohl unter Tage, im Tagebau, aber auch aus stillgelegtem Abbau, sind erheblich. Schätzungen der IEA belaufen sich auf ca. 40 Mio to/a ³⁸, eine Studie des US JBCRI nennt 114 Mio to/a aus aktivem und stillgelegtem Kohleabbau.³⁹ Nur ein geringer Teil wird aufgefangen und energetisch genutzt. Damit wären die Kohle-bezogenen Emissionen höher als die der Öl- und Gasindustrie.⁴⁰ China ist geographisch der Schwerpunkt der Emissionen.

Die Entfernung von Grubengasen („schlagende Wetter“, Flözgas) beim unterirdischen Kohleabbau durch Belüftung („Bewetterung“) ist aus Sicherheitsgründen seit Langem Stand der Technik. Der Methangehalt ist allerdings für eine weitere Verwertung zu gering und kann über eine katalytische Abgasreinigung zu CO₂ oxidiert werden.

³⁷ EIA annual energy outlook 2013, Washington, 5.12.2012

³⁸ IEA, World Energy Outlook 2019

³⁹ Kholod, N. et al., „Global methane emissions from coal mining to continue growing even with declining coal production“, Journal of Cleaner Production, 2020, doi:10.1016/j.jclepro.2020.120489

⁴⁰ J.Gabbatiss, „Coal mines emit more methane than oil-and-gas sector“, Carbon Brief 24.3.2020

Grubengas entweicht aber auch aus bereits stillgelegten, nicht gefluteten Kohlebergwerken. Dieses kann abgesaugt und thermisch verwertet werden. In Deutschland wird die Menge auf ca. 1,5 Mio m³ /a geschätzt und erzeugt eine Leistung von 200 MW.⁴¹

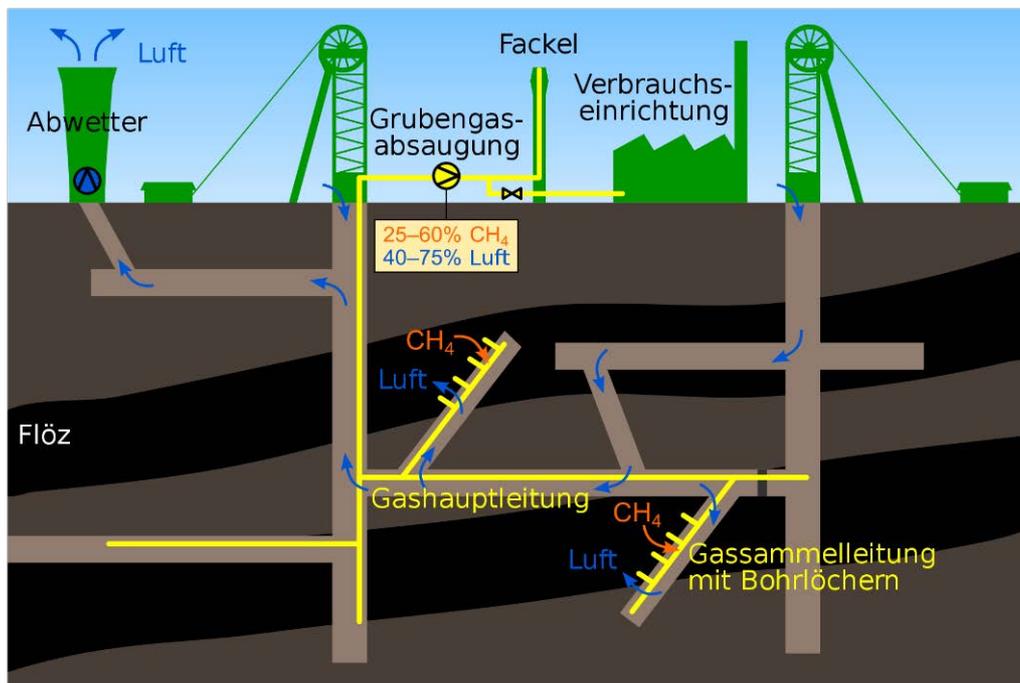


Abb.14 ⁴²

Tierhaltung:

Abgesehen von einer allgemeinen Umstellung von Ernährungsgewohnheiten, also weniger Fleischkonsum bzw. Umstellung auf Schweine und Geflügel, sind Maßnahmen zur Verminderung der Methanbildung bei Wiederkäuern schwierig. Es gibt Futterzusätze (Terpene, Calciumnitrat, Leinöl), die die Fermentierung eindämmen, jedoch mit begrenztem Effekt. DSM errichtet nach 10-jähriger Entwicklung und Erprobung in Südamerika eine erste Produktionsanlage in Schottland für Bovaer® (3-Nitrooxypropanol) in Dalry, Schottland ⁴³. Der Futterzusatz reduziert die Methanemission von Wiederkäuern um 30%.

Beim Gülle-Management kann Methan durch Abdeckung und anschließende Behandlung unter anaeroben Bedingungen z.B. in Biogasanlagen Methan gesammelt und energetisch verwertet werden.

⁴¹ S. Grumtman, „Grubengas – Das ungewollte Gas“ in „Aktiver Klimaschutz – Behandlung und Verwertung von Methan, Techniken für Deponie-, Gruben-, und Klärgas“, VDMA (2018)

⁴² www.commonswiki.org/wiki/File:Mine_gas_production_active_mine_DE.svg

⁴³ www.dsm.com/corporate/news, " DSM plans new production site for Bovaer® in Dalry, Scotland Heerlen, NL, 9 Nov 2021

Reisanbau:

Reis ist Grundnahrungsmittel für über 3,5 Milliarden Menschen. Rund 90 Prozent der weltweiten Reisernte stammen laut FAO aus Südasien und Südostasien. China und Indien sind die weltweit größten Produzenten mit entsprechender Bedeutung für das Klima.

Üblich ist der Nassreisanbau auf natürlichen oder künstlich gefluteten Feldern.

In permanent gefluteten Reisfeldern wird Methan von Mikroorganismen produziert, die Pflanzenreste zersetzen. Die Entwässerung eines Feldes zu bestimmten Zeiten des Wachstumszyklus kann die Methanemissionen um bis zu 50 % verringern, ohne den Reisertrag zu schmälern. Eine weitere Reduktion der Methan-Emissionen könnte auch durch die Auswahl entsprechender Reissorten erreicht werden.⁴⁴

Seit 2011 existiert eine Plattform für nachhaltigen Reis", kurz SRP, die von der UNEP und dem International Rice Research Institute (IRRI) eingeführt wurde mit dem Ziel, klima- und umweltfreundliche Anbaumethoden zu fördern und – seit 2015 - entsprechende Standards einzuführen. Maßnahmen, um die Methanogenese zu inhibieren und damit die Methan-Emissionen zu vermindern sind neben dem Wasser-Management die Verwendung anderer Reissorten, die Düngung mit phosphathaltigem Gips (Calciumsulfat) und mit anderen Sulfaten.

Deponiegas

Deponiegas entsteht aus allen organischen Bestandteilen von Abfall durch Vergärung und Zersetzung zu einem Gasgemisch von CO₂ und Methan. In geordneten Deponien kann durch Abdeckung der Deponie und Einbau von Sammlern das Gas gesammelt und zentral energetisch genutzt werden (Abb.15) ⁴⁵.

Weltweit wurden für das Jahr 2012 die weltweiten Methanemissionen aus Deponien auf ca. 30 Mio to geschätzt,⁴⁶ wobei die Gesamtemissionen aus „wilden“ Deponien unbekannt sind.

Pro Tonne ungetrennten Hausmülls entstehen etwa 150 bis 200 Kubikmeter Deponiegas, das zu etwa 60 Prozent aus Methan besteht.

In Deutschland setzten im Jahr 2012 alle Deponien zusammen etwa 300 000 to Methan im Jahr frei. Das entspricht ungefähr der Methanemission von drei Millionen Rindern. Einer Studie aus dem Jahr 2012 zufolge liegt der Erfassungsgrad in Deutschland bei etwa 57 Prozent, in Spanien sind es z.B. nur 18 Prozent.⁴⁷

⁴⁴ www.proplanta.de, „Reisanbau und der Treibhauseffekt“, Proplanta Informationszentrum für die Landwirtschaft

⁴⁵ www.epa.gov, Landfill Methane Outreach Program (LMOP)

⁴⁶ H. Zhao, Thesis „Methane Emissions from Landfills“, Department of Earth and Environmental Engineering, Columbia Univ., Jan 2019

⁴⁷ M.Reiser, Lehrstuhl für Abfallwirtschaft und Abluft Univ. Stuttgart, Nov. 2021

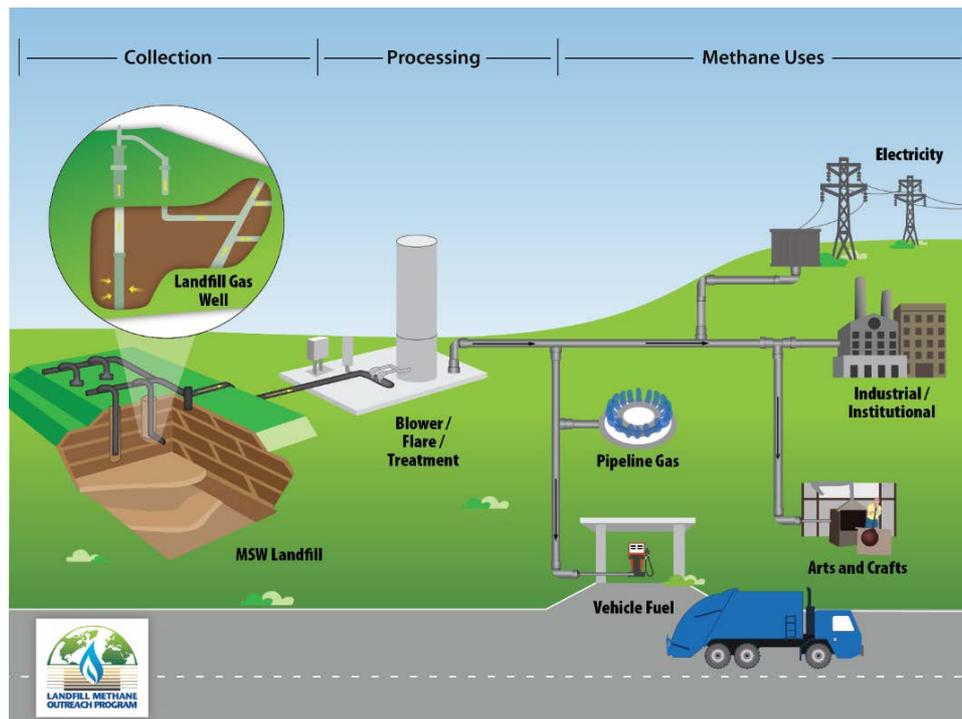


Abb. 15

Abwasser:

Abwässer erzeugen weltweit jährlich ca. 34 Mio to Methan, wobei ca. 90 Prozent der Abwässer ungeklärt sind.

Einfache Kläranlagen arbeiten in der Regel aerob, d.h. „belüften“ das Abwasser. Durch falsche Fahrweise und anaeroben Bedingungen entstehen geschätzt 3 Mio to Methan, als ca. 10 Prozent der o.g. Gesamtemission.

Verbesserungen werden durch zusätzliche, anaerob arbeitende Klärstufen und Abscheidung des entstehenden Methans erzielt. Die Ausbeute des methanhaltigen „Faulgases“ wird in Faultürmen bei erhöhter Temperatur (ca. 35 Grd C) gesteigert. Hierbei erfolgt der Abbau der organischen Inhalte des Klärschlammes in vier Phasen (Hydrolyse, Versäuerung, acetogene und methanogene Phase) unter Bildung eines energetisch verwertbaren Produktgases mit einer typischen Zusammensetzung von 60-70 Prozent Methan und 26 -36 Prozent CO₂.⁴⁸

In Deutschland wurden 2018 rund 1491 Gigawattstunden Strom aus Klärgas gewonnen, damit hatte es einen Anteil von 0,7 Prozent an der gesamten Strombereitstellung aus regenerativen Energien. Von den mehr als 9000 deutschen Kläranlagen führten 1274 Anlagen das Faulgas einer Nutzung zu, 88 Prozent davon erzeugten Strom.⁴⁹

⁴⁸ P.Gebhart, „Abwasser- Klärschlamm- Klärgas, der Weg zu einem Energieträger“ in „Aktiver Klimaschutz – Behandlung und Verwertung von Methan, Techniken für Deponie-, Gruben-, und Klärgas“, VDMA (2018)

⁴⁹ S. Kröll, Net4Energy, Okt. 2020

Oxidation von Methan aus diffusen Quellen und bei geringen Konzentrationen

Neuere Entwicklungen erlauben die Entfernung von Methan im Bereich der atmosphärischen Methan-Spurenkonzentrationen durch katalytische Oxidation zu CO₂ bei moderaten Temperaturen von 200-300 °C. Zum Einsatz kommen Kupfer-dotierte Zeolithe mit Modernitstruktur⁵⁰.

Bekannt, aber wenig effektiv ist auch enzymatische Oxidation von Methanspuren u.a. zu Methanol unter Einsatz von Methan-Monooxygenase⁵¹.

Beide Optionen sind im Entwicklungsstadium

6) Zusammenfassung und Ausblick

Die detaillierteste Untersuchung über Status und Minderungsmaßnahmen der Methanemissionen ist die 2021 veröffentlichte UNEP/CCAC- Studie „Global Methane Assessment and Costs of Mitigating Methane Emissions“.⁵

Mit bekannten technischen Möglichkeiten könnten die Methanemissionen bis zum Ende der Dekade um 180 Mio to /a vermindert werden. Dies würde einer Absenkung des Treibhauseffekts um 0,3 Grd C entsprechen.

Bereits geplante und eingeleitete Maßnahmen umfassen ca. 120 Mio to /a, wobei der Sektor Öl/Gas/Kohle die Hälfte beiträgt – auch weil es sich um die am wenigsten diffusen Emissionsquellen handelt.

In mehreren anderen Studien wird das Potential der Methanemissionsminderung bis 2030 mit 29 – 57 Mio to /a bei Öl und Gas, 12 – 25 Mio to /a bei Kohle, 29 – 36 Mio to /a bei Abfällen und Abwasser, 6 – 9 Mio to /a beim Reisanbau und 4 – 42 Mio to /a bei der Viehhaltung angegeben. Dies wären im Durchschnitt ca. 113 Mio to /a mit jeweils weiten Bereichen.

Dies mag auch daran liegen, dass die Prioritäten geographisch sehr unterschiedlich sind und Minderungsmaßnahmen mit unterschiedlicher Intensität angegangen werden:

- | | |
|--------------------------|--|
| - Europa: | Abfälle und Abwasser |
| - Afrika: | Tierhaltung, Kohle/Öl/Gas |
| - China: | Kohle, Landwirtschaft |
| - Asien ohne China: | Abfälle, Abwasser, Landwirtschaft |
| - Middle East: | Öl/Gas |
| - Nordamerika, Russland: | Öl/Gas/Kohle |
| - Südamerika: | Landwirtschaft (inkl. Ausweitung Agrarflächen) |

⁵⁰ R. Brenneis et al, "Atmospheric- and Low-Level Methane Abatement via an Earth-Abundant Catalyst", doi.org/10.1021/acsenvironau.1c00034, Dec. 29, 2021

⁵¹ T.J.Smith et al, "Methanotrophy/methane oxidation", Encyclopedia of Microbiology, 3rd ed.; ; Academic Press: Oxford, 2009; pp 293– 298.

Kosten:

Verlässliche, generelle Angaben sind wegen der Heterogenität der Emissionsquellen und der jeweiligen Maßnahmen nicht möglich. In einigen Sektoren, vor allem im Bereich Öl und Gas werden sogar negative Kosten, also Erlöse aus der Minderung der Verluste angegeben.

Die UNEP/CCAC-Studie⁵ schätzt den Aufwand auf durchschnittlich US\$ 600 / tO₂ vermehrte Methanemission mit den Schwerpunkten Öl/Gas (520 \$), Kohle (190 \$) und Landwirtschaft (830 \$). Sehr viel höher ist der Aufwand bei Abfall/Abwasser.

Relevanz für GES:

Methan ist nach CO₂ das zweitwichtigste Klimagas. Die Senkung von Methanemissionen entlang der Wertschöpfungsketten, vor allem die so genannten Vorkettenemissionen, sind bei weniger diffusen anthropogenen Quellen wie im Öl- und Gas-Sektor und einigen Bereichen der Landwirtschaft wie Reisanbau und Viehhaltung relativ leicht erreichbar und haben eine große Hebelwirkung.

Eine durchdachte Strategie zur Reduzierung der Methanemissionen muss daher zwingend Teil der heutigen Klimaschutzaktivitäten sein, auch wenn eine „Methan-Neutralität“ letztlich nicht erreichbar ist.

Zu beachten aber schwer zu quantifizieren sind die Risiken einer unkontrollierten Methanfreisetzung aus natürlichen Quellen im Zuge allgemeiner Klimaveränderungen, die zum Auftauen von Permafrostgebieten und wärmeren Meeresströmungen und Zersetzung von Methanhydraten führen.

Global Energy Solutions e.V. erarbeitet weltweite Lösungen und Geschäftsmodelle zu Energie-, Klima- und Entwicklungsfragen. Unser Ziel ist ein klimaneutrales Energiesystem – mit folgenden Elementen: grüner Strom, grüner Wasserstoff, biologisches sowie technisches CO₂-Recycling, klimaneutrale Energieträger und Treibstoffe – darunter Methanol. Bei der Produktion wird CO₂ materiell genutzt und so zu einem interessanten Wirtschaftsgut. Zusammen mit Industrie- und Wissenschaftspartnern entwickeln wir technische, unternehmerische und administrative Grundlagen für bedeutsame Investitionen in diesem Zukunftsfeld. Investitionen, die sich rechnen.

Weitere Infos unter:



global-energy-solutions.org

Kontakt:

Global Energy Solutions e. V., Lise-Meitner-Str. 9, D-89081 Ulm

E-Mail: office@global-energy-solutions.org