



Sachstand

Treibhausgasemissionen der Wasserkraft
Berücksichtigung in der Emissionsbilanz und im Nationalen
Treibhausgasinventar

Treibhausgasemissionen der Wasserkraft

Berücksichtigung in der Emissionsbilanz und im Nationalen Treibhausgasinventar

Aktenzeichen: WD 8 - 3000 - 052/22
Abschluss der Arbeit: 31. August 2022
Fachbereich: WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung
und Forschung

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Wasserkraft in Deutschland	4
2.	Klimawirkungen der Wasserkraft	4
3.	Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen aus Wasserkraft in der Bilanzierung in Deutschland	6
4.	Literatur und Quellen	8

1. Wasserkraft in Deutschland

Die Wasserkraft ist eine Form der Erneuerbaren Energien, die in Deutschland 2021 einen Anteil von 8,3 Prozent an der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien hatte. Insgesamt erzeugte sie 19,7 Terrawattstunden und damit rund drei Prozent der Bruttostromerzeugung (Statista Research Department 2022).

Wasserkraftanlagen nutzen die kinetische und potenzielle Energie des Wassers zur Stromerzeugung. Dabei werden Laufwasserkraftwerke, vorwiegend an Flüssen, unterschieden. Daneben existieren Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke. Seit 1990 wurde die Wasserkraft hierzulande kaum ausgebaut und der Nettoleistungszuwachs ergibt sich aus der Anlagenmodernisierung an vorhandenen Standorten oder der Reaktivierung von vormaligen Standorten. Die Ausbaupotenziale betrachtet das Umweltbundesamt aufgrund bestehender konkurrierender Nutzungsansprüche als begrenzt, da neben anderem der ökologische Zustand von Gewässern gemäß der Wasserrahmenrichtlinie zu verbessern ist (Umweltbundesamt 2019a: 53). Im Gutachten „Zu Ausbaupotenzialen der Wasserkraft in Deutschland“ der Wissenschaftlichen Dienste vom 13. Mai 2022 werden Studien zu den Ausbaupotenzialen der Wasserkraft in Deutschland und untergliedert nach Bundesländern dargelegt (Wissenschaftliche Dienste 2022, WD8 - 3000 - 026/22).

2. Klimawirkungen der Wasserkraft

Zwar gilt die Wasserkraft als klimaneutrale Form der Energieerzeugung. Im Detail ist jedoch zu beachten, dass aus künstlich aufgestauten Wasserkörpern größere Mengen insbesondere des Treibhausgases Methan entweichen können, als dies ohne Bauwerk der Fall gewesen wäre.

Methan wirkt als Treibhausgas bezogen auf einen Wirkungszeitraum von 100 Jahren in etwa 25-Mal so stark wie Kohlendioxid. Es sei erwähnt, dass das globale Erderwärmungspotenzial von Methan derzeit vor dem Hintergrund stark steigender Methanemissionen in der Atmosphäre wissenschaftlich erörtert wird und eine Korrektur nach oben von 25 auf den Faktor 32 für das Erderwärmungspotenzial bezogen auf die nächsten 100 Jahre vorgeschlagen wird. Über einen längeren Zeitraum betrachtet würde der Wert dann sinken, da Methan in der Atmosphäre weniger stabil ist als das äußerst reaktionsträge Kohlendioxid (Nisbet et al. 2019).

2013 hatte Andreas Maeck von der Universität Koblenz-Landau gemeinsam mit Forschenden der Schweiz und Dänemark gezeigt, dass die Methanemissionen aus Stauseen und den entsprechenden Flüssen höher sind als bis dahin angenommen. Sie hatten den Ausstoß von fünf Stauseen und den dazwischenliegenden Flussabschnitten auf einer Länge von rund 100 Kilometern untersucht. Die untersuchten Reservoirs stießen zwischen 75 und 620 Milligramm Methan pro Quadratmeter und Tag aus, während es bei den nicht zu einem Stausee gehörenden Abschnitten nur rund 4 Milligramm waren. In Summe müssten die Methanemissionen aus Flüssen und Seen von damals 18 Prozent um 7 Prozent nach oben korrigiert werden, leiteten die Forschenden aus ihrer Studie ab. Sie identifizierten die sich vor den Staumauern ablagernden Sedimente als wesentliche Quelle für die verstärkten Methanemissionen bei aufgestauten Flüssen (Maeck 2013).

Das Methan entsteht, wenn Bakterien organisches Material wie Pflanzenteile unter Luftabschluss zersetzen. Das Methan entweicht größtenteils über Blasen aus den Sedimenten der Reservoirs

oder gas an den Ausflüssen der Dämme aus dem angereicherten Wasser aus. Daneben entweichen auch Kohlendioxid und Lachgas N_2O aus entsprechenden Sedimenten in Stauseen, sind aber hinsichtlich ihrer Mengen und des Treibhausgas-effektes nachrangig im Vergleich zu Methan.

Die Arbeitsgruppe um Bridget Deemer von der Bundesbehörde US Geological Survey schätzte ab, dass die rund eine Million Staudämme weltweit zu 0,8 Petagramm an Kohlendioxidäquivalentemissionen – das entspricht 0,8 Milliarden Tonnen – beitragen (Deemer 2016). Sie regte eine Aufnahme in die Berichterstattung des Intergovernmental Panel on Climate Change, des Weltklimarates IPCC, an. Zunächst kam der Rat dieser Aufforderung nicht nach und verwies auf die unklare Evidenzlage. Mit einer Verfeinerung der bisherigen Methoden zur Erstellung der Nationalen Treibhausgasinventare berücksichtigt das IPCC nun jedoch Treibhausgasemissionen aus gestauten Wasserkörpern (siehe Kapitel 3) (IPCC 2019). Der Bauingenieur Mike Muller, der an der Universität Witwatersrand in Johannesburg in Südafrika forscht und Mitglied einer Technischen Arbeitsgruppe zu Wasserkraft und Klima ist, analysierte die Fachdiskussion in einem Artikel im Fachjournal Nature. Er selbst argumentiert, Staudämme könnten als Treibhausgasenke wirken, wenn sie im Ergebnis Sumpfland trocken legen würden, das große Mengen Methan freisetzt. Es käme auf die Bilanz natürlicher und künstlicher Methanemissionen infolge der Landnutzungsänderung an, die der Bau des Wasserkraftwerks nach sich ziehe (Muller 2019).

Einigkeit besteht in der Fachliteratur darüber, dass der Methanausstoß sich dann erhöht, wenn ein künstlicher Stausee zwecks Wasserkraftgewinnung angelegt wird. Dem gegenüber wird davon ausgegangen, dass der klimaschädliche Effekt bei Laufwasserkraftwerken ohne künstliche Stauung zu vernachlässigen ist. Weiterhin ist unstrittig, dass der Methanausstoß mit zunehmender Wassertemperatur steigt. Daher ist der Treibhausgasbeitrag tropischer Stauseen größer. Hierzu führt eine Übersichtsarbeit von 2018 aus: Im Allgemeinen haben stauseebasierte Dämme in borealen und gemäßigten Breiten deutlich niedrigere Emissionen von 3 bis 70 Gramm Kohlendioxidäquivalenten je Kilowattstunde als Dämme mit entsprechend angelegten Seen in tropischen Breiten mit 8 bis 6647 Gramm Kohlendioxidäquivalenten je Kilowattstunde. Die Autoren ziehen daraus den Schluss, dass Staudämme zur Wasserkraftnutzung vergleichbare Treibhausgasemissionen haben wie andere Formen der Erneuerbaren Energien etwa Wind- oder Sonnenenergie. Lediglich die Stromerzeugung aus Wasser in tropischen Regionen, für die Staudämme errichtet und Seen angelegt werden, können höhere Treibhausgasemissionen als die fossile Energieerzeugung verursachen (Song 2018).

Nach Auskunft des Umweltbundesamtes liegen die Emissionsraten in Seen und Stauseen (auch Stauhaltungen von Wasserkraft) in der gemäßigten Klimazone zwischen 10 Milligramm bis zu mehr als 300 Milligramm Methan pro Quadratmeter und Tag.¹

1 Schriftliche Mitteilung des Umweltbundesamtes vom 1. August 2022

3. Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen aus Wasserkraft in der Bilanzierung in Deutschland

Ungeachtet der Treibhausgasemissionen vor und im Betrieb trägt die Wasserkraft bilanzierend betrachtet und verglichen mit dem Strommix ohne Erneuerbare Energien nach Berechnungen des Umweltbundesamt hierzulande zu weniger Treibhausgasemissionen bei. Das Reduktionspotenzial liege bei 13,3 Millionen Tonnen Kohlendioxidäquivalenten, wie auch der nachfolgenden Grafik entnommen werden kann (Umweltbundesamt 2019a: 33).

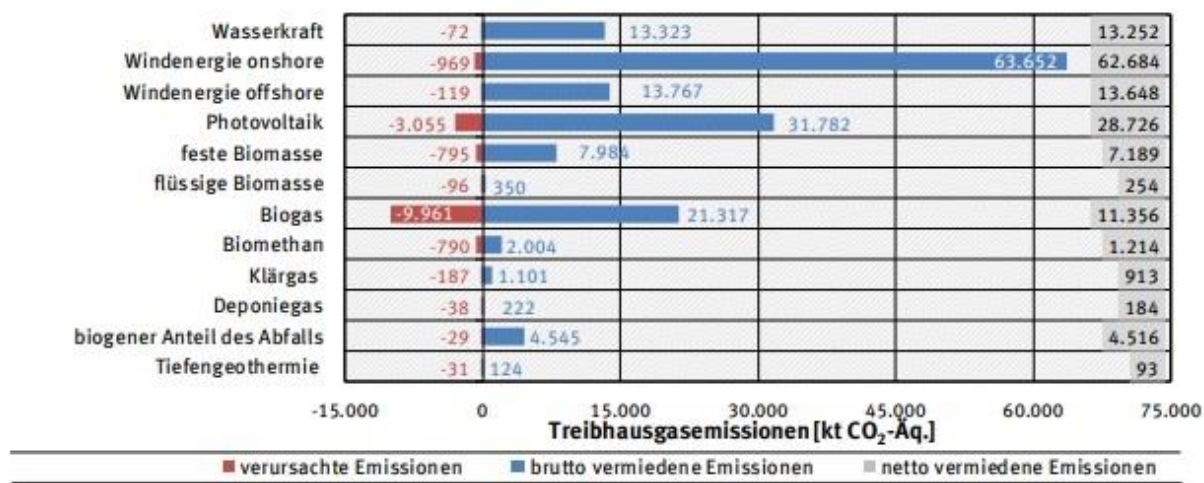


Abbildung 1: Durch den Einsatz erneuerbarer Energien zur Brutto-Stromerzeugung vermiedene und verursachte Treibhausgasemissionen im Jahr 2018 nach Energieträgern (Umweltbundesamt 2019a: 33)

Dargestellt ist auch, dass die Wasserkraft mit Treibhausgasemissionen verbunden ist (roter Balken). Diese resultiert aus der Berücksichtigung der sogenannten „Vorkette“, sprich: des Baus und Betriebs des Wasserkraftwerks, einschließlich der dafür notwendigen Maschinen, Kraftstoffe und Produkte wie Beton. Beton, Kies und Zement sind die massenmäßig wichtigsten Baustoffe zur Errichtung eines Wasserkraftwerks. Daneben wird Stahl in unterschiedlichen Qualitäten und Kupfer verwendet. Damit werden Klimaeffekte der Errichtung des Wasserkraftwerks wie auch die Demontage in der Ermittlung des Lebenszyklusinventars mit berücksichtigt.

Hierfür zieht das Umweltbundesamt unter anderem die Berechnungen des Öko-Instituts heran, das 2012 die direkten Treibhausgas-Emissionen pro Kilowattstunde erzeugtem Strom aus Wasserkraft berechnete. Es unterschied dabei verschiedene Formen der Wasserkraft: Alpine europäische Speicherseen emittierten rund 1,4 Gramm Kohlendioxidäquivalente pro Kilowattstunde. Speicherkraftwerke in gemäßigten Zonen kämen auf rund 12 Gramm Kohlendioxidäquivalente pro Kilowattstunde. Bei den Laufwasserkraftwerken mit Stausee werden die Methan-Emissionen mit 0,67 Gramm je Kilowattstunden beziffert und dementsprechend mit 13,4 Gramm Kohlen-

dioxidäquivalenten pro Kilowattstunde (Flury, Frischknecht 2012). Das läge in dem von Song für die gemäßigte Klimazone ermittelten Bereich (siehe Kapitel 2). Da sich bei Laufwasserkraftwerken ohne Anlage eines Stausees die geflutete Landfläche nicht ändere, werde angenommen, dass diese keine Treibhausgasemissionen hervorbringen (Flury, Frischknecht 2012: 30).

Bei der **Erstellung von Emissionsbilanzen Erneuerbarer Energien** berücksichtigt das Umweltbundesamt eigenen Angaben zufolge die Treibhausgasemissionen aus künstlich angelegten Stauseen zum Zweck der Energiegewinnung. Dass sich die Werte am unteren Ende des Intervalls von 10 bis mehr als 300 Gramm Methan je Quadratmeter (siehe Kapitel 2) befänden, sei damit zu begründen, dass es direkt nach der Inbetriebnahme zu einem erhöhten Methanausstoß kommt, welche dann nachfolgend abnehme. Der betroffene Anlagenbestand in Deutschland weise ein vergleichsweise hohes Alter auf.²

Von der Emissionsbilanz Erneuerbarer Energien ist die Erstellung des **Nationalen Treibhausgasinventars** unter der Klimarahmenkonvention zu unterscheiden (Umweltbundesamt 2019b). Dort würden die Treibhausgasemissionen aus gestauten Wasserkörpern bisher noch nicht berücksichtigt. Sie würden derzeit modelliert und fließen nach Abschluss dieser Arbeiten in die Treibhausgasberichterstattung ein.³

Weiter führt das Umweltbundesamt auf Anfrage aus: Die neu aufgenommenen Methanemissionen werden unter dem Bereich „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forst (LULUCF)“ und dort in der Landnutzungskategorie Feuchtgebiete (Flooded Land remaining Flooded Land) erfasst und berücksichtigen die jährlichen Methanemissionen aus künstlichen Stauseen/Wasserreservoirs, Bagger- und Tagebauseen, die älter als 20 Jahre sind. Gemäß den 2006 IPCC Guidelines sowie 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories entstehen Methanemissionen aus künstlichen stehenden und fließenden Gewässern, die Wasserstandsschwankungen unterliegen. Der Erstellung des deutschen Inventars liegen hierfür die in dem 2019 Refinement aufgeführten Methoden zugrunde.⁴

Damit sollten auch Treibhausgasinventare aus anderen Staaten, die im Rahmen der Klimarahmenkonvention übermittelt werden, künftig Treibhausgasemissionen aus Stauseen zum Zweck der Wasserkraft nach dieser Methode berücksichtigen.

2 Schriftliche Mitteilung des Umweltbundesamtes vom 22. August 2022

3 Schriftliche Mitteilung des Umweltbundesamtes vom 1. August 2022

4 Schriftliche Mitteilung des Umweltbundesamtes vom 22. August 2022

4. Literatur und Quellen

Deemer, Bridget et al. (2016). Greenhouse Gas Emissions from Reservoir Water Surfaces: A New Global Synthesis. In: *BioScience*, *BioScience*, 66, 11, 949–964, online abrufbar unter: <https://academic.oup.com/bioscience/article/66/11/949/2754271>

Flury, Karin; Frischknecht, Rolf (2012). Life Cycle Inventories of Hydroelectric Power Generation, 2012, online abrufbar unter: https://treeze.ch/fileadmin/user_upload/downloads/Publications/Case_Studies/Energy/flury-2012-hydroelectric-power-generation.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories und hier Kapitel 7 „Wetlands“, online abrufbar unter: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch07_Wetlands.pdf

Maeck, Andreas, et al. (2013). Sediment Trapping by Dams Creates Methane Emission Hot Spots. In: *Environmental Science and Technology*, 47, 15, 8130–8137, online abrufbar unter: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es4003907>

Muller, Mike (2019). Hydropower dams can help mitigate the global warming impact of wetlands In: *Nature*, 566, 315-317, online abrufbar unter: <https://www.nature.com/articles/d41586-019-00616-w>

Nisbet, Euan et al. (2019). Very Strong Atmospheric Methane Growth in the 4 Years 2014–2017: Implications for the Paris Agreement. In: *Global Biogeochemical Cycles*, 33, 318–342, online abrufbar unter: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2018GB006009>

Song, Cuihong et al. (2018). Cradle-to-grave greenhouse gas emissions from dams in the United States of America. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 945-956, online abrufbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032118302235>

Statista Research Department (2022). Statistiken zur Wasserkraft, 5. April 2022, online abrufbar unter: <https://de.statista.com/themen/784/wasserkraft/#:~:text=In%20Deutschland%20war%20die%20Wasserkraft,Wasserkraft%20rund%20drei%20Prozent%20bei>

Umweltbundesamt (2019a). Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2018, November 2019, Dessau-Roßlau, online abrufbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-11-07_cc-37-2019_emissionsbilanz-erneuerbarer-energien_2018.pdf

Umweltbundesamt (2019b). Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2019. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2017. Mai 2019, Dessau-Roßlau, online abrufbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-05-28_cc_23-2019_nir-2019_0.pdf

Wissenschaftliche Dienste (2022). Zu Ausbaupotentialen der Wasserkraft in Deutschland. WD8 - 3000 - 26/22 vom 13. Mai 2022, online abrufbar unter: <https://www.bundestag.de/resource/blob/905046/9d57e55ade81de8c742cbbddd5c11ce0/WD-8-026-22-pdf-data.pdf>
