



Sachstand

CO₂-Bilanz der Nutzung fossiler Energieträger zur Stromerzeugung



CO₂-Bilanz der Nutzung fossiler Energieträger zur Stromerzeugung

██████████

Aktenzeichen:

██████████

WD 8 - 3000 - 038/15

Abschluss der Arbeit:

27. April 2015

Fachbereich:

WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit,
Bildung und Forschung

██████████

██████████

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Studien	4
2.1.	Treibhausgas-Emissionswerte für unterschiedliche fossile Energieträger und Kraftwerksszenarien in Deutschland.	4
2.2.	Carbon Footprints fossiler Energieträger in der Stromerzeugung.	5
2.3.	CO₂-Emissionen in der Stromerzeugung.	6
3.	Fazit	7
4.	Ergänzende Quellen	7
5.	Anlagenverzeichnis	8

1. Einleitung

Die CO₂-Emissionen („Carbon Footprint“), die durch die Nutzung verschiedener Energieträger zur Stromerzeugung entstehen, sind nur dann wirklich vergleichbar, wenn alle relevanten Klimagase in die Betrachtung einbezogen werden und die gesamte Wertschöpfungskette berücksichtigt wird. Dabei können folgende Parameter von Bedeutung sein:

- Kohle: Herkunft und Abbaumethode (Tagebau/Untertagebau)
- Art und Länge der Transportwege
- Gas: Herkunft und Fördermethode (konventionell/Fracking)
- LNG (Schiffstransport) oder Pipeline
- Leckagen
- Errichtung, Betrieb, Wartung (und Entsorgung) der Kraftwerke
- Energieeffizienz der Kraftwerke
- Berücksichtigung anderer Treibhausgase (Methan, Stickoxide) und Umrechnung in CO₂-Äquivalente

Insgesamt sind jedoch die Emissionen aus den vor- und nachgelagerten Ketten im Allgemeinen wesentlich geringer als die Emissionen, die im Kraftwerk bei der Verbrennung der fossilen Energieträger freigesetzt werden.

2. Studien

2.1. Treibhausgas-Emissionswerte für unterschiedliche fossile Energieträger und Kraftwerksszenarien in Deutschland.

ifeu – Institut für Energie und Umweltforschung (2015)

Im Rahmen der europäischen Leitmesse der Energie- und Wasserwirtschaft „E-world energy and water 2015“ in Essen präsentierte ein Vertreter der WINGAS GmbH, einem großen Erdgasversorger in Deutschland, die Ergebnisse der Studie „Treibhausgas-Emissionswerte für unterschiedliche fossile Energieträger und Kraftwerksszenarien in Deutschland“ (die Originalstudie liegt hier nicht vor). Die Daten wurden vom Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu) erhoben. Für die Untersuchung wurden die Werte für die gesamte Prozesskette der Stromerzeugung über Gewinnung und Transport der Rohstoffe bis zur Verbrennung berücksichtigt.

Für die Erzeugung pro Kilowattstunde Strom in Deutschland wurden folgende CO₂-Emissionen errechnet [**kg CO₂-Äquivalente/kWh_{el}**]:

	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas
Gewinnung und Transport	0,008	0,149	0,070
Hilfsstoffe	0,005	0,006	
Verbrennung	1,170	0,987	0,502
Gesamt	1,183	1,142	0,572

Im Ergebnis der Studie verursacht Erdgas inklusive Gewinnung und Transport pro kWh etwa die Hälfte an CO₂-Emissionen gegenüber der Kohleverstromung.

Während in der Stromproduktion Erdgas aufgrund der derzeitigen Marktgegebenheiten und der Preisentwicklung trotz der günstigen CO₂-Bilanz nicht konkurrenzfähig ist, betonten die Erdgasversorger auf der Messe vor allem das aussichtsreiche Potenzial zur CO₂-Vermeidung durch moderne Erdgas-Brennwertheizungen, da rund ein Drittel der Treibhausgasemissionen in Deutschland allein bei der Wärmeerzeugung entstehen.

2.2. Carbon Footprints fossiler Energieträger in der Stromerzeugung.

Energiewirtschaftliche Tagesfragen (62) Heft 1/2, 58-61 (2012)

Berücksichtigt wurden in dieser Studie alle Emissionsquellen aus der Vorkette, also sowohl die energiebedingten als auch die durch Leckagen verursachten Emissionen. Neben Kohlendioxid (CO₂) wurde auch Methan (CH₄) als klimarelevantes Gas mit einbezogen. Die Umrechnung von Methan in CO₂-Äquivalente erfolgte mit dem Faktor 25 („Klimabetrachtungszeitraum 100 Jahre“). Die Berechnung der Emissionen („Prognose für 2030“) bezieht sich auf einen Emissionsvergleich von (künftig zu bauenden) hochmodernen Kraftwerken mit einem postulierten Wirkungsgrad (η) von 65% für Gaskraftwerke und 50% für die Kohleverstromung.¹ Daraus ergeben sich auch die im Verhältnis zu den anderen Studien deutlich niedrigeren Emissionswerte.

Der Vergleich der CO₂-Emissionen erfolgte für die Energieträger Erdgas, untertage geförderte Steinkohle mit weiten Transportwegen und im Tagebau geförderte Stein- bzw. Braunkohle mit einer Verstromung in unmittelbarer Nähe. Außerdem wurden insgesamt vier verschiedene Erdgasszenarien mit unterschiedlichen Herkunftsländern und den damit verbundenen Transportwe-

¹ Der Wirkungsgrad liegt heute bei Kohlekraftwerken in Deutschland im Mittel bei 37% und für Gaskraftwerke bei 45%. Der Bezug auf das Jahr 2030 wurde in dieser Studie gewählt, um einen Vergleich von hochmodernen Kraftwerken mit und ohne kombinierte CCS-Technologie vornehmen zu können.

gen abgebildet. In zwei Szenarien wurde ein Pipelinetransport für konventionell gefördertes Erdgas aus Russland bzw. aus Norwegen betrachtet. Für konventionelles Erdgas aus größeren Entfernungen, etwa aus Ägypten, Katar oder Nigeria, wurde ein LNG-Transport per Schiff angenommen. Zusätzlich wurden Werte für einen LNG-Transport von Schiefergas aus den USA ermittelt.

Unter Einbeziehung von Methan und der Emissionen aus vorgelagerten Prozessketten sind auch in dieser Studie die CO₂-äquivalenten Emissionen bei der Stromerzeugung aus konventionellem Erdgas in etwa halb so hoch wie bei der Kohleverstromung. Speziell bei Schiefergas kann allerdings die Menge der vorgelagerten Emissionen besonders groß sein, so dass die Gesamtemissionen in einzelnen Fällen sogar die Werte für Kohle als Energieträger übersteigen könnten. Studien zur Bilanzierung der Emissionen vorgelagerter Prozesse des in den USA geförderten Schiefergases zeigen erhebliche Unterschiede. In der Literatur differieren besonders die Aussagen zu Emissionen, die direkt mit dem Fracking in Verbindung stehen bzw. auch mit dem Ablassen (Venting) und Abfackeln (Flaring) der Gase.

Ergebnisse siehe Säulendiagramm in Abb. 2 der Publikation [g CO₂-Äquivalente/kWh_{el}]

2.3. CO₂-Emissionen in der Stromerzeugung.

BWK – Das Energie-Fachmagazin 59 (10) 44-52 (2007)

In dieser Analyse zur CO₂-Bilanz der Stromerzeugung wurden 41 veröffentlichte Studien ausgewertet. Nach Prüfung der Belastbarkeit und Plausibilität der publizierten Werte wurde schließlich das Datenmaterial von insgesamt 15 Studien in die Berechnungen zu dieser Veröffentlichung einbezogen. Die Emissionen werden in CO₂-Äquivalenten angegeben, wobei nicht alle Quellen auch andere relevante Klimagase berücksichtigen.

Die Daten aus Tabelle 2 der Publikation beinhalten neben den Emissionen, die beider Verstromung direkt entstehen, auch diejenigen aus der Brennstoffbereitstellung (Förderung und Transport), dem Betrieb der Kraftwerke einschließlich der Ver- und Entsorgung von Betriebsstoffen und dem Bau und Abriss der Kraftwerke. Es zeigt sich, dass der **Betrieb** konventioneller Kraftwerke im Vergleich zu vor- und nachgelagerten Prozessen die größten CO₂-Emissionen verursacht. Im Unterschied zu Erdgas und Steinkohle wird bei der Berechnung für Braunkohle ausschließlich eine Förderung im Inland vorausgesetzt. Wegen des Tagebaus und der kurzen Transportwege zum Kraftwerk geht die **Bereitstellung** der Braunkohle in den hier betrachteten Studien nur mit 2 bis 4 % in die Gesamtemissionen der Prozesskette ein; im Unterschied dazu verursacht die Brennstoffbereitstellung bei Steinkohle etwa 12 bis 17 %. Gründe hierfür sind die längeren Transportwege und die Methanemissionen beim Steinkohleabbau. In allen Berechnungen zu Erdgas in Tabelle 2 wird von einem Pipelinetransport ausgegangen.

Die Tabelle 2 auf S. 46 der Veröffentlichung zeigt einen Vergleich ausgewählter Studien zu fossilen Energieträgern mit dem Kraftwerksstandort Deutschland.

Die Daten aller Literaturquellen mit plausiblen Ergebnisbereichen für verschiedene Arten der Stromerzeugung aus konventionellen und erneuerbaren Energieträgern sind in einer Grafik auf S. 50 dargestellt [g CO₂-Äquivalente/kWh].

3. Fazit

Der Vergleich der Daten und Tabellen zeigt, dass die einzelnen Studien zwar zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen, was die konkreten Zahlenwerte betrifft, die Tendenz im Vergleich der Energieträger zueinander jedoch immer ähnlich ausfällt.

Im Vergleich zu den Emissionen aus vor- und nachgelagerten Prozessen verursacht der **Betrieb konventioneller Kraftwerke** die größten CO₂-Emissionen. **Die unterschiedlichen Bilanzen bei der Verstromung fossiler Energieträger werden demnach im Wesentlichen durch die Art des Brennstoffs und den Wirkungsgrad des Kraftwerks bestimmt.** Daher bleibt auch bei einer Gesamtkettenbetrachtung wie in den vorliegenden Studien die bekannte Reihenfolge „Erdgas vor Steinkohle vor Braunkohle“ in Bezug auf die CO₂-Emissionen bestehen.

Möglicherweise muss allerdings die deutliche Überlegenheit von Gas je nach Herkunft etwas korrigiert werden, denn die Angaben zu Leckageraten differieren erheblich und werden in der Literatur auch kontrovers diskutiert. Neue Publikationen zeigen, dass nicht nur bei der Schiefergasgewinnung sondern auch in der konventionellen Erdgasproduktion ganz beachtliche Methanverluste auftreten können, wie Messungen über Gasfeldern in den USA ergeben haben (Löfken 2013).

4. Ergänzende Quellen

██████████ Erdgasverluste bei der Erdgasförderung. Deutscher Bundestag, Dokumentation WD 8-3000-095/14

██████████ Klimarisiko Erdgas: Methanleckagen bei Gasförderung größer als vermutet. Wissenschaft aktuell, 19. August 2013, <http://www.kpz-solar.de/pp/KlimarisikoErdgas.pdf> [Stand: 22.04.2015]

██████████ CO₂-Bilanzen verschiedener Energieträger im Vergleich. Deutscher Bundestag, Infobrief WD 8-056/2007

Neutraler Expertenkreis (2012). Methanemissionen / Footprint von Erdgas. <http://dialog-erdgasundfrac.de/bericht-reise-expertenkreis-USA/methanemissionen-footprint-von-erdgas> [Stand: 22.04.2015]

██████████ Mehr Strom, weniger CO₂-Emissionen: Verbesserung der Kraftwerkswirkungsgrade weltweit. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 65 (4), 34-35, <http://www.et-energie-online.de/Zukunftsfragen/tabid/63/NewsId/1312/Mehr-Strom-weniger-COsub2subEmissionen-Verbesserung-der-Kraftwerkswirkungsgrade-weltweit.aspx> [Stand: 22.04.2015]

5. Anlagenverzeichnis

- Anlage 1** ifeu – Institut für Energie und Umweltforschung (2015). Treibhausgas-Emissionswerte für unterschiedliche fossile Energieträger und Kraftwerksszenarien in [Deutschland](http://www.nordic-market.de/news/19704/wingasaufdere-world2015-miterd-gasdieklimaschutzlueckeschliessen.htm). www.nordic-market.de/news/19704/wingasaufdere-world2015-miterd-gasdieklimaschutzlueckeschliessen.htm [Stand: 22.04.2015]
- Anlage 2** [REDACTED]
Carbon Footprints fossiler Energieträger in der Stromerzeugung. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 62 (1/2), 58-61 <http://www.et-energie-online.de/Zukunftsfragen/tabid/63/NewsId/28/Carbon-Footprints-fossiler-Energietraeger-in-der-Stromerzeugung.aspx> [Stand: 22.04.2015]
- Anlage 3** [REDACTED] CO₂-Emissionen in der Stromerzeugung. BWK – Das Energie- Fachmagazin 59 (10), 44-52 [http://www.vdi.de/fileadmin/vdide/redakteurdateien/geudateien/FB4-Internetseiten/CO₂-Emissionen%20der%20Stromerzeugung01.pdf](http://www.vdi.de/fileadmin/vdide/redakteurdateien/geudateien/FB4-Internetseiten/CO2-Emissionen%20der%20Stromerzeugung01.pdf) [Stand: 22.04.2015]
- Anlage 4** FfE-Forschungsstelle für Energiewirtschaft (2010). Basisdaten zur Bereitstellung elektrischer Energie. <https://www.ffe.de/download/wissen/186BasisdatenEnergietraeger/BasisdatenvonEnergietraegern2010.pdf> [Stand: 22.04.2015]
- [REDACTED]