



Dokumentation

Zu Treibhausgasemissionen aus der Brennstoffgewinnung

Zu Treibhausgasemissionen aus der Brennstoffgewinnung

Aktenzeichen: WD 8- 3000 - 023/22

Abschluss der Arbeit: 25.03.2022

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.	Einleitung	4
2.	Begriffliche Klärung	4
2.1.	Rohstoffe	4
2.2.	Rohstoffnutzung	4
2.3.	Nationale Berichterstattung	6
3.	Schadstoffspezifische Treibhausgasemissionen	7
4.	Anteil an nationaler Gesamtmenge als CO₂-Äquivalente	10

1. Einleitung

Im Zuge der Rohstoffgewinnung kommt es in vielerlei Hinsicht zu umweltrelevanten Auswirkungen. Diese betreffen neben Auswirkungen auf die Umwelt durch den Verlust an Biodiversität, Landnutzungsänderung, Boden- und Gewässerverschmutzung etc. insbesondere auch Emissionen umweltrelevanter Treibhausgase. Die kann in allen Schritten entlang der Rohstoffgewinnungs- und Nutzungskette auftreten. Die vorliegende Arbeit definiert zunächst die einzelnen Rohstoffnutzungskettenschritte und geht sodann auf statistisches Emissionsdatenmaterial ein, das im Zuge der nationalen Berichterstattung vom Umweltbundesamt als zuständige Behörde gesammelt, ausgewertet und zur Verfügung gestellt wird.

2. Begriffliche Klärung

2.1. Rohstoffe

Rohstoffe sind Grundsubstanzen, die unverarbeitet und nicht aufbereitet in einen Produktionsprozess einfließen. Es gibt pflanzliche, tierische, mineralische und chemische Rohstoffe. Des Weiteren unterscheidet man nach ihrer Herkunft aus den jeweiligen Wirtschaftszweigen agrarische, forstwirtschaftliche, fischereiwirtschaftliche und bergbauliche Rohstoffe.¹

Zudem wird zwischen biotischen und abiotischen Rohstoffen unterschieden. Unter biotischen Rohstoffen versteht man Stoffe, die in überschaubaren Zeiträumen erneuerbar sind, auf natürliche Weise vorkommen und tierischen oder pflanzlichen Ursprungs sind. In den umweltökonomischen Gesamtrechnungen² werden unter biotischen Rohstoffen pflanzliche Biomasse aus der Landwirtschaft, pflanzliche Biomasse aus der Forstwirtschaft sowie Biomasse von Tieren aus Fischerei und Jagd gefasst. Nutztiere, auch Fische aus Aquakultur, gelten nicht als biotische Rohstoffe, da sie Teil der Wirtschaft sind. Abiotische Rohstoffe hingegen sind fossile Energieträger, Erze sowie sonstige mineralische Rohstoffe einschließlich Torf. Sie sind nicht nachwachsend und nicht innerhalb überschaubarer Zeiträume reproduzierbar.³

2.2. Rohstoffnutzung

Mit **Rohstoffnutzung** wird jeglicher Zugriff des Menschen auf Rohstoffe bezeichnet. Dies umfasst alle Prozesse zur Entnahme der Rohstoffe, ihrer Aufbereitung bzw. Veredelung und schließlich die Verarbeitung zu Produkten.

Während umweltrelevante Auswirkungen sich bei der Rohstoffentnahme, Aufbereitung und Veredelung auf den Rohstoff selbst beziehen, ist dies beim Produkt selbst und seiner Nutzung nicht

1 <https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/rohstoffe/6743>:

2 https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/energiefluesse-emissionen/_inhalt.html;jsessionid=B16848662A24E45ED9E93D9649280AB8.live722.

3 <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/rohstoffe-materialfluesse-wasser/Glossar/was-sind-rohstoffe.html>.

der Fall. Im Zuge der Produktherstellung und seiner Nutzung beziehen sich Umweltauswirkungen auf das Produkt selbst nicht aber auf den Rohstoff. Daher ist bei Bilanzierungen zu beachten, ob Umweltauswirkungen dem Rohstoff zugerechnet werden oder aber der Produktnutzung.

Zu dem Gesamtprozess der Rohstoffnutzung gehören sowohl vor der Entnahme wie nach der Verarbeitung Phasen, so dass der Gesamtprozess der Rohstoffgewinnung in vier Phasen unterteilt wird:⁴

(1) Erkundungsphase

„Bei der Exploration wird mit geologischen, geochemischen und geophysikalischen Verfahren untersucht, ob ein Rohstoffvorkommen technisch und wirtschaftlich abgebaut werden kann. Die Eingriffe in die Natur umfassen Suchbohrungen, Probenahmen, erste Schürfarbeiten, Aufbereitungsversuche. Diese Phase geht mit vergleichsweise geringen Umwelteinwirkungen einher.“

(2) Erschließungsphase

„In der relativ kurzen Erschließungsphase (oder auch Vorbetriebsphase) werden die Vorbereitungen getroffen, um die Lagerstätte abzubauen. [...]“

Im Tagebau werden in der Vorbetriebsphase die oberen Gesteinsschichten ohne oder mit sehr geringem Wertgehalt abgetragen, um die Lagerstätte freizulegen und die Rohstoffe abbauen zu können. Dabei entstehen häufig große Mengen Abraum, die auf großflächigen Halden abgeladen werden. Dies verändert nachhaltig das Landschaftsbild und nimmt Flächen- und Naturraum in Anspruch. Von den Abraumhalden geht in Abhängigkeit der genannten Einflussgrößen auch ein Gefährdungspotenzial für Wasser, Boden und Luft aus. Mögliche negative Umwelteinwirkungen sind die Emission von Stäuben, die Freisetzung saurer Bergbauwässer und die Mobilisierung von Schwermetallen und Radionukliden. Im Tiefbau werden die Schächte und Stollen in den Berg getrieben, um die Lagerstätte zu erschließen. Auch hier fallen, wenn auch in geringerem Umfang als im Tagebau, Rückstände in Form von wertlosem Taubgestein an, die zunächst überirdisch aufgehobdet werden.“

Emissionen im Zuge der Erschließungsphase entstehen durch Landnutzungsveränderungen (Abtragen der Humusschicht beispielsweise) und werden im Sektor "Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft" (LULUCF) bilanziert. Der Sektor LULUCF, wie er unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) erfasst wird, betrachtet sechs Arten der Landnutzung: Wälder, Ackerflächen, Grünland, Feuchtgebiete, Siedlungen und andere Flächen. Für die Durchführung der Erhebung ist das Thünen-Institut zuständig, das in Abständen von einigen Jahren vor Ort Daten erhebt. In der Zwischenzeit werden Emissionsdaten über Computermodelle interpoliert; allerdings kommen vermehrt auch neue Technologien wie Satellitentechnik zum Einsatz, um neuere Landnutzungsveränderungen besser erfassen zu können.

4 siehe hierzu: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcenschonung-in-produktion-konsum/abiotische-rohstoffe-schonend-gewinnen#nachhaltiger-umgang-mit-rohstoffen>.

Nach Einschätzung des Umweltbundesamtes ist die Landnutzungsänderung spezifisch für den Tagebau gemessen an der Gesamtfläche Deutschlands als sehr niedrig zu bewerten. Die hier entstehenden Emissionen werden nicht direkt erhoben. Denkbar wäre, dass man sie mit einem gewissen Aufwand aus verschiedenen anderen erhobenen Größen ableitet und die Größenordnung abschätzt.⁵

(3) Abbauphase

„In der Abbauphase (oder auch Betriebsphase) werden die Rohstoffe der Lagerstätte über einen längeren Zeitraum (mehrere Jahre bis Jahrzehnte) abgebaut.“

(4) Schließungs- und Nachsorgephase

„In der Nachbetriebsphase wird das Bergwerk geschlossen und die Anlagen werden in der Regel demontiert. Als Folge des Bergbaus kann es zu chronischen Belastungen der Umwelt, langfristigen Umweltauswirkungen, irreversiblen Umweltveränderungen und dauerhaft nicht nachnutzbaren Flächen kommen. Ob und in welchem Ausmaß dies passiert, wird maßgeblich von der Betriebspraxis in der Betriebsphase sowie Art und Umfang der Maßnahmen zur Sanierung und Rekultivierung bestimmt. Voraussetzung für eine erfolgreiche Nachsorge ist, dass die Genehmigung eines Bergbauprojektes an konkrete Nachsorgeauflagen (Rekultivierung, Standsicherheit, Sanierung) geknüpft ist.“⁶

In sämtlichen Phasen sind Umweltauswirkungen festzustellen. Diese umfassen beispielsweise Eingriffe in den Wasserhaushalt, Biodiversität, Schadstofffreisetzung, Energieverbrauch, Abfall etc.

Auftragsgemäß wird im Folgenden lediglich auf **umweltwirksame Treibhausgas-Emissionen** eingegangen. Dabei fokussiert die Darstellung auf die **Brennstoff-Nutzungskette**, deren CO₂-Emissionen vergleichsweise besonders hoch sind.⁷

2.3. Nationale Berichterstattung

Gemäß internationaler Vereinbarungen hat Deutschland sich dazu verpflichtet, Berichte zu den nationalen Emissionen zu erstellen. So müssen im Rahmen der Klimarahmenkonvention (UNFCCC) die sieben direkten Treibhausgase CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆, NF₃ sowie die vier indirekten Treibhausgase SO₂, NOx, NMVOC, CO nach einheitlichen Vorgaben berechnet und erfasst

5 Informationen des Umweltbundesamtes vom 25. März 2022.

6 <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcenschonung-in-produktion-konsum/abiotische-rohstoffe-schonend-gewinnen#nachhaltiger-umgang-mit-rohstoffen>.

7 Zu den Brennstoffen zählen: verschiedene Kohlen (Steinkohle, Steinkohlenbriketts, Steinkohlenkoks, andere Steinkohleprodukte), Braunkohlen (Rohbraunkohle, Braunkohlenbriketts, - teer, -teeröl, - kohlenstaub, - wirbelschichtkohle, - koks, Torf, Hartbraunkohle), verschiedene Mineralöle, verschiedene Gase, auch Naturgase, Erdgas etc., Abfall, Sonderbrennstoff, Biomasse-Brennstoffe. Zur detaillierten Auflistung aller Brennstoffe und ihrer CO₂-Emissionen siehe: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/co2_ef_liste_2022_brennstoffe_und_industrie.xlsx.

werden. Nach Kyoto-Protokoll (Teil der Klimarahmenkonvention) muss jedes Land systematisch „Treibhausgasinventare“ angeben. Koordiniert wird die Emissionsberichterstattung durch das Umweltbundesamt (UBA). Inhaltlich wird quellenbasiert berichtet, d.h. gemäß der jeweiligen Quelle einer Treibhausgas-Emission (z.B. Energie, Industrieprozesse, Landwirtschaft, Abfall/Abwasser). Hier wird der Nationale Inventarbericht (NIR) verfasst. Der aktuelle NIR wurde im Mai 2021 veröffentlicht und ist im Internet abrufbar.⁸

Die Treibhausgasemissionsinventare sind gemäß den internationalen Anforderungen streng quellenbasiert, d.h. es wird nach der Quelle einer THG-Emission berichtet:

- Energie
- Industrieprozesse
- Landwirtschaft
- Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft
- Abfall/Abwasser.

Emissionen entlang der gesamten Rohstoffnutzungskette jedweder Art finden sich in verschiedenen Kategorien.

Besonders relevant ist in diesem Zusammenhang der energiewirtschaftliche Sektor; insbesondere „Brennstoffe“. Auf die Treibhausgas-Emissionen in diesem Bereich wird in den folgenden Abschnitten eingegangen.

Hierbei ist zu beachten, dass der weitaus größere Anteil an Emissionen entlang der gesamten Brennstoffkette bei der Verbrennung entsteht. Dies wird allerdings hier nicht betrachtet, die Darstellung beschränkt sich auf die Rohstoffabbaukette.

3. Schadstoffspezifische Treibhausgasemissionen

Das Umweltbundesamt greift bei der Berichterstattung auf Berechnungen zurück, da Emissionen nicht kontinuierlich überall gemessen werden können. Hierzu werden schadstoffspezifische Emissionsfaktoren mit Aktivitäten multipliziert. Die Berichterstattung erfolgt dann gemäß international abgestimmten Tabellen. Detaillierte Informationen hierzu sind auf den Internetseiten

⁸ https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-19_cc_43-2021_nir_2021_1.pdf. Eine gekürzte Version liegt vom 15.1.2022 vor: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/eu-nir_germany_2022.pdf.

Zur Methodik siehe auch <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/wie-funktioniert-die-berichterstattung>

des Umweltbundesamtes abrufbar.⁹ Aus der durch Vorgaben der internationalen Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention und der europäischen Klimaschutzverordnung vorgegebenen Kategorisierung ergeben sich sogenannte CRF-Kategorien. Detaillierte Berichtstabellen dieser Kategorien sind im Internet abrufbar.¹⁰

Die aktuellen Daten (Stand 11. März 2022) sind abrufbar unter: https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art07_inventory/ghg_inventory/envyis0nw/DEU_2022_2020_09032022_130721_started.xlsx/manage_document

Hinsichtlich der Emissionen, die im Zuge der Brennstoffprozesskette entstehen, macht das UBA folgende Angaben¹¹:

- diffuse Emissionen der Brennstoffe (Kategorie CRF 1.B)

Laut Informationen des Umweltbundesamtes werden nur Emissionen betrachtet, die diffus aus den Brennstoffen direkt oder bei dessen Abbau/Umwandlung entweichen. Emissionen die zum Beispiel beim Antrieb von Maschinenmotoren zur Gewinnung der Energieträger entstehen, sind hier nicht mitberücksichtigt. Insgesamt entstanden 2020 in dieser Kategorie 6,735 tausend Tonnen CO₂-Äquivalent.

- Feste Brennstoffe

Da seit 2018 keine Untertage-Förderung mehr existiert, treten hier Emissionen nur noch an stillgelegten Bergwerken auf. Die Emissionen werden anhand eines Modells ermittelt. Im Bereich der Übertage-Förderung werden Emissionen aus dem Braunkohletagebau mittels CH₄-Emissionsfaktor basierend auf dem kompletten Gasinhalt der Braunkohle ermittelt.¹²

Für 2020 ergibt sich im Bereich fester Brennstoffe eine Gesamtmenge von 766,2 kt¹³ CO₂-Äquivalenten.

An dieser Stelle sei auf eine Besonderheit beim Kohleabbau hingewiesen, wodurch dieser sich z.B. von anderen Rohstoffen wie beispielsweise Kiesabbau unterscheidet: Es fallen hierbei insbesondere und in weit größerem Umfang Methan statt CO₂-Emissionen an, wodurch der Sektor besonders klimarelevant wird.

9 <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen>.

10 <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen>.

11 Informationen des Umweltbundesamtes vom 22. März 2022.

12 Emissionsfaktoren aus Forschungsvorhaben oder Betreiberangaben. Beinhaltet Werte aus Kokereien (Braun- und Steinkohle) sowie Köhlereien. CO₂-Emissionen aus Köhlereien werden als biogen erachtet und werden nicht als Emission ausgewiesen.

13 kt=Kilotonne.

- Flüssige Brennstoffe

Die Emissionen aus dem Bereich der „Exploration“ werden als sehr gering erachtet. Die vom UBA ermittelten Werte basieren auf konservativen Faktoren des IPCC¹⁴. Daten aus dem Bereich der Förderung werden von Betreibern an Verband übermittelt und dort an das UBA gesammelt übergeben. Emissionen aus dem Bereich Transport werden mittels konservativer Emissionsfaktoren ermittelt. Daten aus Raffinierung/Lagerung stammen aus Emissionserklärungen der Betreiber (alle 4 Jahre) und werden für die Zwischenzeit interpoliert. Im Zuge der Verteilung entstehen keine Treibhausgase.

Für 2020 ergibt sich im Sektor flüssiger Brennstoffe eine Gesamtmenge von 707,07 kt CO₂-Äquivalenten.

- Gasförmige Brennstoffe

Die Emissionen im Bereich der Exploration werden als sehr gering erachtet. Ermittelte Werte basieren auf konservativen Faktoren des IPCC. Daten der Förderung werden von Betreibern an den zuständigen Verband übermittelt und dort dem UBA gesammelt übergeben. Transport-Emissionen werden mittels konservativer Emissionsfaktoren ermittelt; ab Berichterstattung 2023 werden Daten direkt von den Betreibern an das UBA gemeldet. Emissionen aus der Verteilung werden mittels konservativer Emissionsfaktoren ermittelt; derzeit laufen Messungen am Netz, um diese Faktoren zu aktualisieren. Emissionen aus der Anwendung, die nach dem Gaszähler aber vor dem Endgerät auftreten, basieren auf Grenzwerten des DVGW¹⁵ und werden als sehr konservativ angesehen.

Für 2020 ergibt sich im Sektor gasförmiger Brennstoffe eine Gesamtmenge von 5260,84 kt CO₂-Äquivalenten.

Die Emissionen schlüsseln sich wie in der folgenden Tabelle dargestellt auf. Die wichtigen Emissionsgrößen CO₂ und CH₄ werden einzeln genannt, in die Treibhausgasgesamtmenge (gemessen in CO₂ Äquivalenten) fließen alle weiteren oben benannten Treibhausgase ein, die laut internationalen Vereinbarungen zu bestimmen sind.

14 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), auch als "Weltklimarat" bezeichnet.

15 Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches.

Tabelle 1: Treibhausgasemissionen einzelner Kategorien für das Jahr 2020 in 1000 t CO₂-Äquivalenten

		CO ₂	CH ₄	THG gesamt
diffuse Emissionen aus Brennstoffen	-	1,82	4,92	6,74
feste Brennstoffe	Förderung	0,25	3,69	92,50
	Umwandlung	629,30	1,78	673,80
flüssige Brennstoffe	Förderung	0,00	0,00	0,02
	Umwandlung	0,19	0,08	2,30
gasförmige Brennstoffe	Transport	0,00	0,56	13,95
	Raffinerie/Lagerung	393,07	0,04	394,00
	Fackeln	296,25	0,02	296,80
	Produktion	0,51	0,26	6,96
	Aufbereitung	469,14	0,10	471,72
	Transport/Lagerung	0,30	72,37	1809,50
	Verteilung	0,63	88,57	2214,84
	Anwendung	0,23	29,30	732,76
	Fackeln	25,06	0,00	25,06

4. Anteil an nationaler Gesamtmenge als CO₂-Äquivalente

Laut Informationen des Umweltbundesamtes liegt der Anteil der CO₂-Äquivalente an der nationalen Gesamtmenge (inkl. LULUCF¹⁶: 717473 tausend Tonnen CO₂-Äquivalenten 2020¹⁷) für feste Brennstoffe bei 0,11%, flüssige Brennstoffe bei 0,1%, für gasförmige Brennstoffe bei 0,73%.

¹⁶ land use, land-use change and forestry (LULUCF), Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft. Der Sektor "Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft" (LULUCF) wird gemäß der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) gesondert erfasst.

¹⁷ Seite 18 in: Nationaler Inventarbericht: Zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2020; Umweltbundesamt; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/eu-nir_germany_2022.pdf.