

Zusammenfassung

„Anwendung des IPCC-Referenzverfahrens zur Ermittlung der verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen in Deutschland“

(1) Im Rahmen des internationalen Klimaschutzes ist die Berichterstattung zu den verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen von größter Bedeutung.

Von den Industrieländern wird hierzu „routinemäßig“ das sogenannte sektorale Verfahren angewendet, dass auf der Ebene der einzelnen Energieverbrauchssektoren ansetzt und daher differenzierte Aussagen zur Struktur der Emittenten erlaubt.

Als alternatives Verfahren wurde vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) der sogenannte Reference Approach (Referenzverfahren) entwickelt, der von der Ebene des Primärenergieverbrauchs (Input von Energieträgern in ein Land) ausgeht. Dieses Verfahren stellt geringere Anforderungen an die Datengrundlagen als das sektorale Verfahren und kann daher auch für Länder durchgeführt werden, die nur über begrenzte Datengrundlagen im Energiebereich verfügen. Es eignet sich daher als einheitliches Verfahren für die internationale CO₂-Berichterstattung.

(2) Die IPCC-Referenzmethode wurde für die Bundesrepublik Deutschland erst pilothaft angewendet. Ziel dieses Vorhabens ist es daher,

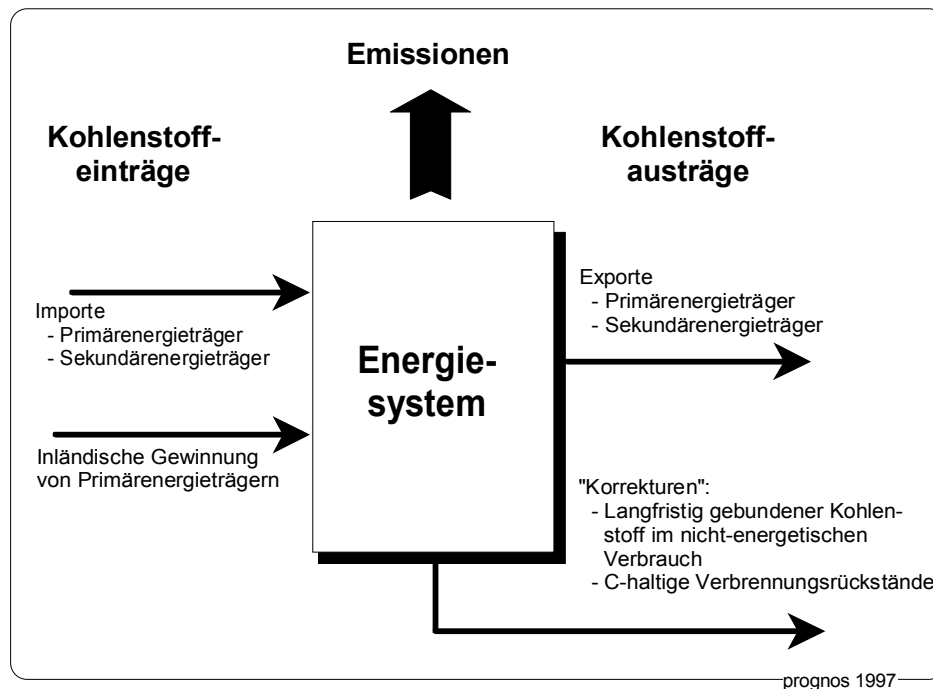
- eine Anpassung des Verfahrens auf die spezifisch deutschen Bedingungen vorzunehmen, die eine regelmäßige Anwendung für die internationale Berichterstattung erlaubt,
- und das Verfahren für die Ermittlung der verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen für die Jahre 1990 bis 1994 anzuwenden.

Aus der Analyse der methodischen Aspekte und den Erfahrungen bei der Anwendung des IPCC-Referenzverfahrens wurden schließlich Schlussfolgerungen für die weitere nationale und internationale Anwendung abgeleitet.

(3) Das Grundprinzip des Referenzverfahrens bildet eine hochaggregierte Kohlenstoffbilanz des Energiesektors: Die aus dem Energiesektor (pro Jahr) emittierte Menge an Kohlenstoff ergibt sich danach als Differenz zwischen den in den Energieträgern eingetragenen und ausgetragenen Kohlenstoffmengen.

Die Kohlenstoffeinträge sind verbunden mit Importen an Primärenergieträgern (z.B. Erdöl, Erdgas) und Sekundärenergieträgern (z.B. Heizöl, Motorenbenzin, Koks) und der inländischen Gewinnung von Primärenergieträgern. Die Kohlenstoffausträge sind verbunden mit Exporten an Primär- und Sekundärenergieträgern und Bunkerungen (Brennstoffverbrauch der Hochseeschifffahrt und des internationalen Flugverkehrs). Das Referenzverfahren sieht so- dann noch folgende Korrekturen der Kohlenstoffbilanz um nicht-emissions- relevante Kohlenstoffmengen vor: Kohlenstoffaustrag in kohlenstoffhaltigen Verbrennungsrückständen („Fraction of carbon oxidised“) und langfristig ge- bundener Kohlenstoff in Folgeprodukten des nicht-energetischen Verbrauchs (NEV) von Energieträgern („Fraction of carbon stored“; z.B. Einsatz von Naphtha zur Kunststoffherstellung).

Grundprinzip des IPCC-Referenzverfahrens



(4) Zielsetzung des IPCC-Referenzverfahrens ist die Ermittlung des CO₂-Emissionspotentials der in einem Land eingesetzten Energieträger. Das Emissionspotential ist nicht identisch mit den tatsächlichen Emissionen.

(5) Für die Anwendung des IPCC-Referenzverfahrens in Deutschland wurden folgende wichtige methodische Festlegungen getroffen:

- Der Zweck der Korrekturfaktoren liegt in der Verfeinerung der Berechnung der CO₂-Emissionspotentiale aus der einfachen Input-Output-Bilanz der Energieträger. Die Anwendung der Korrekturfaktoren ist daher als optional anzusehen. Bei der Anwendung des Referenzverfahrens wurden daher in diesem Vorhaben zwei Varianten betrachtet: Die

„Standardvariante“ mit Anwendung eines Korrekturfaktors „Fraction of carbon stored“, der auf der Grundlage einer möglichst genauen Abschätzung der tatsächlichen Kohlenstoffbindung in den Folgeproduktketten des NEV ermittelt wurde, und einer Variante 2 ohne Anwendung eines Korrekturfaktors (d.h. Ausweis des gesamten nicht-energetischen Verbrauchs von Energieträgern als CO₂-Emissionspotential).

- Bei der Berechnung der Korrekturfaktoren „Fraction of carbon stored“ werden neben der tatsächlichen Kohlenstoffbindung in langlebigen Produkten auch nicht-verbrennungsbedingte Emissionen, insbesondere Lösemittel- und Prozessemissionen, als „Carbon stored“ bilanziert. Der als „freigesetzter Kohlenstoff“ bilanzierte, verbleibende Anteil besteht dann tatsächlich nur aus verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen (z.B. Abfallverbrennung, interner Brennstoffverbrauch der Steamcracker). Innerhalb der Folgeproduktketten des nicht-energetischen Verbrauchs werden Importe und Exporte von Zwischen- und Endprodukten nach dem „Produzentenprinzip“ bilanziert, d.h. Importe werden nicht berücksichtigt und Exporte sind in der CO₂-Bilanz enthalten.

(6) Die wichtigsten Datengrundlagen für die Anwendung des IPCC-Referenzverfahrens in Deutschland sind im folgenden zusammengefasst:

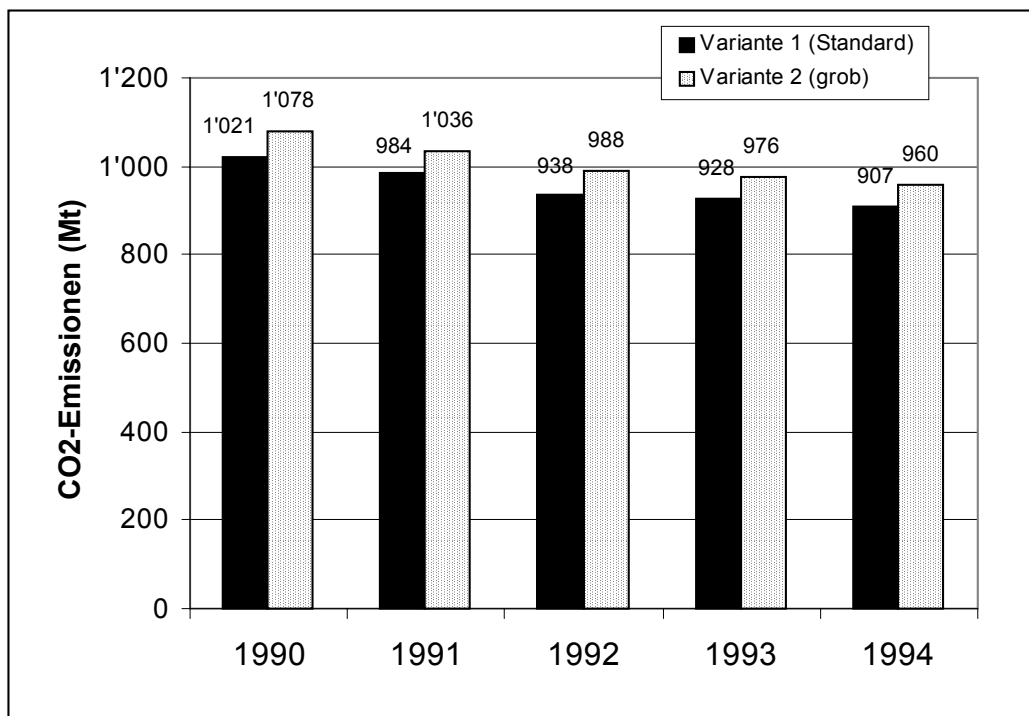
- Energiedaten: Grundlage bildet die Energiebilanz der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGE). Zu Vergleichszwecken wurde auch eine Berechnung mit der Energiebilanz der Internationalen Energieagentur (IEA) durchgeführt. Für die Haupt-Primärenergieträger Erdöl, Erdgas, Stein- und Braunkohle wird eine weitergehende Differenzierung nach Sorten bzw. Fördergebieten vorgenommen. Hierzu werden Daten aus den Energiestatistiken verwendet.
- Brennstoffkenndaten/Emissionsfaktoren: Grundlage bildet die GEMIS-Datenbank (Öko-Institut), ergänzt um Daten des FZ Jülich (aus dem Projekt IKARUS).
- Folgeproduktketten des nicht-energetischen Verbrauchs: Wesentliche Datengrundlage bildete eine Studie des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI). Da hiermit keine vollständige Datengrundlage für die Bilanzierung der Kohlenstoffbindung vorlag, waren ergänzend eigene Abschätzungen erforderlich.

Die mit den zwei Varianten des IPCC-Referenzverfahrens berechneten CO₂-Emissionen sind von 1990 bis 1994 um ca. 11% gesunken.

Durch Anwendung der „Standardvariante“ des Referenzverfahrens, der eine möglichst genaue Abschätzung der „Kohlenstoffbindung“ in den Folgeproduktketten des nicht-energetischen Verbrauchs („Fraction of carbon stored“) zugrundeliegt, lässt sich die „Genauigkeit“ gegenüber der groben Variante 2, bei der der gesamte nicht-energetische Verbrauch als CO₂-Potential bilanziert wurde, im betrachteten Zeitraum um 5,2% - 5,8% erhöhen (bezogen auf die Gesamtemissionen, siehe Abbildung). Dieser Prozentsatz repräsentiert den in den Folgeproduktketten des nicht-energetischen Verbrauchs gebundenen Kohlenstoff (vowiegend Kunststoffe, Bitumen und Schmierstoffe), der in Version 1 berücksichtigt wird, während bei Version 2 der gesamte Brennstoffverbrauch als CO₂-Emissionspotential ausgewiesen wird.

Bei Anwendung der vom IPCC vorgeschlagenen Default-Werte für die Kohlenstoffgehalte der Energieträger und die „Fractions of carbon stored“ liegen die Ergebnisse um 3,5 - 4,5% unter den Ergebnissen der Standardvariante. Hauptursache sind Abweichungen zwischen den Kenndaten der verschiedenen in Deutschland verbrauchten Kohlesorten und den Default-Werten, d.h. die Kohlenstoffgehalte bzw. Emissionsfaktoren der für Deutschland relevanten Kohlesorten sind im Durchschnitt höher als die für die Ermittlung der Default-Werte zugrundegelegten Kohlesorten.

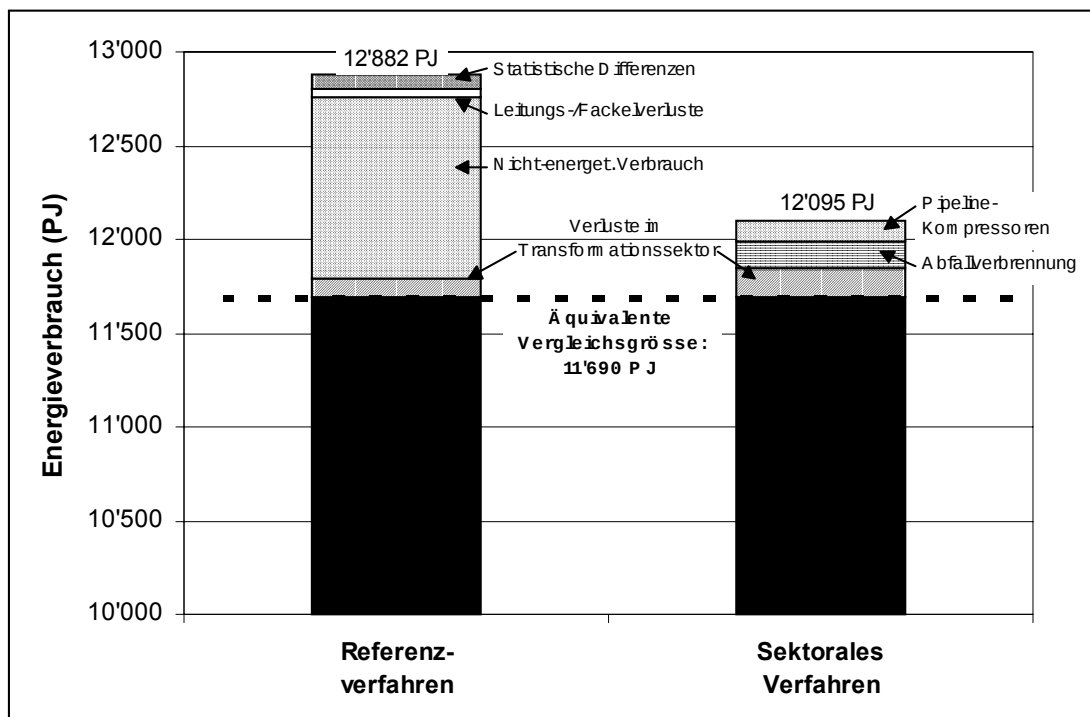
Entwicklung der verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen nach dem IPCC-Referenzverfahren 1990 -1994



Das Referenzverfahren wird in Deutschland auf der Grundlage der Energiebilanz der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland (AGE) angewendet.

Bei Verwendung der Energiebilanz der IEA, die in der internationalen Berichtserstattung eine wichtige Rolle spielt, ergibt sich eine in der Summe relativ geringe Abweichung der berechneten CO₂-Emissionen von 1,4% nach unten. Ursache sind Unterschiede in den angegebenen Daten, insbesondere zu den Bestandsänderungen der Energieträger und zum Teil auch systematische Unterschiede (im Bereich der Bilanzierung der Mineralölprodukte).¹⁾

Systematische Unterschiede zwischen Referenz- und sektorialem Verfahren (1990)



¹⁾ 1993 wurde in der IEA-Energiebilanz für Flüssigbrennstoffe ein Netto-Bestandsaufbau von 2 PJ ausgewiesen, während die Energiebilanz der AGE einen Netto-Bestandsabbau von 133 PJ ausweist. Der Wiedereinsatz von Mineralölprodukten in Raffinerien wird in der AGE-Bilanz bei den Importen und in der IEA-Bilanz als interner Produkttransfer (Refinery Feedstock) verbucht. Die Importangaben für Mineralölprodukte sind daher in der IEA-Bilanz systematisch geringer als in der AGE-Bilanz.

Die Ergebnisse der „Standardvariante“ des Referenzverfahrens liegen im betrachteten Zeitraum etwa 3 - 5% über den CO₂-Emissionen, die mit dem sektoralen Verfahren, das in Deutschland für die Emissionsberichtserstattung angewandt wird, ermittelt wurden. Bei Anwendung der groberen „Variante 2“ des Referenzverfahrens (ohne Korrektur für die „Kohlenstoffbindung“) liegt die Abweichung in einer Größenordnung von 10%.

- Von diesen Abweichungen sind jeweils 2,5%-Punkte auf Unterschiede in den Emissionsfaktoren bzw. durchschnittlichen Kohlenstoffgehalten der Energieträger zurückzuführen, die beim Referenzverfahren nicht so exakt ermittelt werden können wie beim sektoralen Verfahren.
- Der restliche Teil der Abweichungen beruht auf systematischen Unterschieden zwischen beiden Verfahren auf der Ebene der zugrundeliegenden Energieverbräuche, nämlich bei der Berücksichtigung des NEV, der Abfallverbrennung, statistischen Differenzen und Verlusten im Transformationssektor des Energiesystems inklusive dem Energieverbrauch der Erdgas-Pipelinekompressoren (siehe folgende Abbildung).

Schlussfolgerungen und Ausblick

Eine volle Übereinstimmung der Ergebnisse des IPCC-Referenzverfahrens mit dem sektoralen Verfahren kann von vornherein nicht erwartet werden kann, da neben den systematischen Unterschieden auch im Detail unterschiedliche Zielsetzungen bestehen. Die Anwendung des IPCC-Referenzverfahrens in Deutschland sollte daher auf Berichterstattungsaufgaben im internationalen Rahmen beschränkt bleiben, insbesondere für Ländervergleiche.

Darüber hinaus stellt sich die Frage, welchen Nutzen Verfeinerungen in der Datenbasis bei der Anwendung des Referenzverfahrens im nationalen und internationalen Rahmen bringen.

- Für die Anwendung in Deutschland, wie auch für die meisten Länder mit großer Bedeutung der Kohle als Energieträger bringt die Ermittlung landesspezifischer „Carbon emission factors“ eine gewisse Verbesserung der Genauigkeit (Deutschland: ca. 4% bezogen auf das Gesamtergebnis), da die IPCC Default-Werte die unterschiedlichen Kohlesorten nicht gut repräsentieren. In Ländern mit geringem Kohleanteil dürfte dagegen bereits die Verwendung der Default-Werte ausreichend gute Ergebnisse bringen.
- Für die internationale Anwendung des IPCC-Referenzverfahrens erscheint der Sinn einer speziellen Ermittlung der „Fraction of carbon stored“ zur Korrektur der CO₂-Potentiale um die Kohlenstoffbindung in den Folgeproduktketten des nicht-energetischen Verbrauchs als zweifelhaft:

- Auf der einen Seite ist ein erheblicher Datenermittlungsaufwand erforderlich, der der Zielsetzung des Referenzverfahrens nach geringen Datenanforderungen zuwiderläuft – selbst in Deutschland liegt keine vollständige Datengrundlage vor. Hinzu kommen Abgrenzungsfragen bei der Ermittlung der „gebundenen Kohlenstoffanteile“, die die internationale Vergleichbarkeit der Ergebnisse behindern.
- Dem steht auf der „Nutzenseite“ in den meisten Ländern nur ein begrenzter „Genauigkeitsgewinn“ gegenüber, allein schon weil sich der gesamte nicht-energetische Verbrauch meist in einer Größenordnung von maximal 10% des Primärenergieverbrauchs bewegt. In Deutschland beträgt der „Genauigkeitsgewinn“ 5% bis 6% (siehe oben).

Es ist auch zweifelhaft, ob durch die Verwendung der vom IPCC vorgeschlagenen Default-Werte eine Verfeinerung der Ergebnisse erreicht werden kann, da es sich um grobe, nicht auf die Situation in einzelnen Ländern bezogene Abschätzungen handelt.

Unseres Erachtens wäre es daher sinnvoll, bei der internationalen Anwendung des IPCC-Referenzverfahrens auf den Korrekturfaktor „Fraction of carbon stored“ gänzlich zu verzichten, und als Ergebnis das gesamte CO₂-Potential, einschließlich des gesamten nicht-energetischen Verbrauchs, auszuweisen.

(12) Anstelle einer möglichst großen Verfeinerung der Datenbasis sollte bei der Weiterentwicklung des IPCC-Referenzverfahrens unseres Erachtens der Schwerpunkt auf die Ermittlung zusätzlicher Informationen für die internationale Klimaschutzpolitik gelegt werden, insbesondere der Beiträge der einzelnen Energieverbrauchssektoren an den CO₂-Emissionen. Eine solche Differenzierung nach den Haupt-Verursachergruppen, die die Ansatzpunkte für Reduktionsmaßnahmen aufzeigen kann, liefert zwar das sektorale Verfahren, für dessen Anwendung fehlen aber in vielen Ländern die Daten.

Eine Möglichkeit besteht in der Weiterentwicklung des Referenzverfahrens in Richtung des sektoralen Verfahrens für Länder mit begrenzter Verfügbarkeit von Energiedaten, in dem die Gesamtergebnisse des herkömmlichen Referenzverfahrens mithilfe von „Verteilungsfaktoren“ auf die einzelnen Energieverbrauchssektoren „heruntergebrochen“ werden. Solche „Verteilungsfaktoren“ könnten für jede Brennstoffart (z.B. Steinkohle) als prozentuale Anteile der einzelnen Energieverbrauchs- und Umwandlungssektoren (z.B. Kraftwerke) an den gesamten CO₂-Emissionen definiert werden. Sie könnten anhand von verfügbaren Energiedaten (z.B. Kraftwerkskapazitäten), Energieindikatoren vergleichbarer Länder (z.B. pro-Kopf-Heizenergieverbrauch der Haushalte) und/oder Wirtschaftsdaten (z.B. Bruttosozialprodukt pro Kopf, Wertschöpfung einzelner Industriezweige) abgeleitet werden. Es könnten verschiedene solcher Schätzverfahren entwickelt werden, die jeweils auf spezifische Ländergruppen mit vergleichbarem Entwicklungsstand und vergleichbarer Datenverfügbarkeit angepasst sind.

Stand: 25.07.2002