

Energiebedingte Kohlendioxidemissionen in Thüringen (CO₂-Bilanz)

Kohlendioxid (CO₂), Hauptverursacher des sogenannten Treibhauseffektes, ist neben Methan (CH₄) und Kohlenmonoxid (CO) eine gasförmige Form des chemischen Elements Kohlenstoff, das circa 0,1 Prozent der Gesamtmasse der Erde ausmacht. Der CO₂-Austausch mit der Atmosphäre ist als Kohlenstoff-Kreislauf bekannt und seit Jahrhunderten im Gleichgewicht. Erst die vermehrte Verbrennung fossiler Energieträger droht dieses Gleichgewicht zu gefährden.

Die CO₂-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch in Thüringen beliefen sich im Jahr 1997 auf eine Summe von 17,35 Millionen Tonnen und betragen damit noch 38,6 Prozent des Niveaus von 1990. Pro Kopf der Bevölkerung Thüringens sanken die Emissionen von 17,2 auf 7,0 Tonnen. Diese Entwicklung ist durch den Rückgang der Wirtschaft und den verminderten Braunkohleeinsatz zu erklären. Nach Angaben der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) wurden 1995 für Deutschland 10,8 Tonnen CO₂ je Einwohner angegeben, während es weltweit 3,9 Tonnen CO₂ je Einwohner waren.

Im Dezember 1997 fand im japanischen Kyoto die 3. Vertragsstaatenkonferenz der UN-Klimarahmenkonvention statt, auf der das sogenannte „Kyoto-Protokoll“ erarbeitet wurde, das konkrete Zielvorgaben und Fristen festlegt, nach denen die globale Klimapolitik ausgerichtet werden soll. Die sich erhaltenden naturwissenschaftlichen Erkenntnisse über die anthropogene Klimazerstörung haben aufbauend auf die Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro mit der Verabschiedung des Kyoto-Protokolls zu einem ersten Schritt hin zur verbindlichen Festlegung von Reduktionsquoten geführt.¹⁾ Die EU hat sich verpflichtet, die Treibhausgas-Emissionen von 1990 um 8 Prozent bis zu den Jahren 2008 bis 2012 zu verringern. Deutschland hat darüber hinaus das ehrgeizige Kohlendioxid-Minderungsziel von 25 Prozent bis zum Jahr 2005 gegenüber 1990. Auch wenn die komplexen Klimamodelle noch keine endgültige Aussage über die zu erwartende Höhe der Klimaerwärmung oder die damit steigenden Pegel der Ozeane treffen können, sind sich die meisten Wissenschaftler einig, daß der Mensch schon heute das Klima beeinflusst.

Luft ist ein internationales Gut. Sie besteht zu 78 Prozent aus Stickstoff und zu ca. 21 Prozent aus Sauerstoff. Kohlendioxid und verschiedene Edelgase teilen sich das letzte Prozent. Seit Beginn der Industrialisierung ist die CO₂-Konzentration in der Erdatmosphäre um 25 Prozent auf heute ungefähr 60 mg/kg angestiegen. Da Kohlendioxid in der Atmosphäre die kurzwelligen Sonnenstrahlen zur Erde durchläßt, die langwelligen Wärmestraahlen des Bodens jedoch reflektiert, wird die Erde erwärmt - der sogenannte Treibhauseffekt.^{1) 2)} Außer dem Kohlendioxid, das zu 50

Prozent am Treibhauseffekt beteiligt ist, spielen Emissionen von Fluorchlorkohlenwasserstoffen und Methan aus der landwirtschaftlichen Massentierhaltung und als Depo-niegas wichtige Rollen.

Beim Kohlendioxid sind mit einem Anteil von 85 Prozent³⁾ die energiebedingten CO₂-Emissionen als wesentlichste Emittentengruppe zu nennen.

Der Kohlenstoff-Kreislauf

Kohlendioxid (CO₂) ist kein Umweltgift schlechthin. 0,1 Prozent der Gesamtmasse der Erde bestehen aus Kohlenstoff (C), der größte Teil in Form von Kalkstein (CaCO₃) oder Dolomit [CaMg(CO₃)₂] in fester Form chemisch gebunden. Gasförmig ist Kohlenstoff hauptsächlich in Kohlendioxid (CO₂) und in Methan (CH₄) enthalten. Der Austausch von gebundenem festem Kohlenstoff mit der Atmosphäre und gleichzeitig die Umwandlung der gasförmigen Vorkommen in feste Verbindungen wird als Kohlenstoff-kreislauf⁴⁾ bezeichnet. Während langfristig gesehen für die CO₂-Konzentrationschwankungen in der Atmosphäre in erster Linie rein geochemische Prozesse verantwortlich sein dürften, ist der Umsatz von Kohlenstoff durch Organismen kurzfristig der dominierende Faktor. Durch die Photosyn-

¹⁾ vergl.: Schellnhuber, Hans-Joachim; Fuentes, Ursula in Zeitschrift für angewandte Umweltforschung; Heft 4; 1997; S. 441 ff.

²⁾ vergl.: Wilhelm Kuttler im Handbuch zur Ökologie, S. 452 ff.; Hrsg. Kuttler, Wilhelm; Analytica Verlag, Berlin 1993

³⁾ siehe: Umweltdaten Deutschland; Umweltbundesamt, Statistisches Bundesamt; Berlin 1998

⁴⁾ vergl.: Feige, Guido Benno; Jensen, Manfred in Handbuch zur Ökologie S. 164 ff.; Hrsg. Kuttler Wilhelm; Analytica Verlag, Berlin 1993

these werden mit Hilfe der Sonneneinstrahlung Kohlendioxid und Wasser zu Glukose - ein Kohlenhydrat - und Sauerstoff (Bilanz - Gleichung: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$). Atmung, Verwitterung und Verbrennung kehren den Prozeß um. Das sich in Jahrhunderten eingestellte Gleichgewicht zwischen Photosynthese und Atmung bzw. Verwitterung wird seit der zunehmenden Industrialisierung gestört, da zusätzliches CO_2 durch die Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzt wird. Die in fossilen Brennstoffen wie Kohle, Erdöl oder Erdgas in früheren Epochen gebundenen Kohlenstoffe waren dem Kreislauf bereits entzogen und gelangen nun infolge der Nutzung durch den Menschen in verstärktem Maße als CO_2 in die Atmosphäre zurück. Ein weiterer anthropogener Einfluß auf den C-Kreislauf ist der Rückbau der Wälder, insbesondere die Brandrodung, die mit geschätzten Werten zwischen 2 und 4 Milliarden Tonnen Kohlenstoff pro Jahr zum gegenwärtigen CO_2 -Anstieg beiträgt.

In der Atmosphäre sind ungefähr 720 Milliarden Tonnen Kohlenstoff als Kohlendioxid vorhanden, die gewinnbaren fossilen Brennstoffe enthalten ca. 4000 Milliarden Tonnen Kohlenstoff. Nach Berechnungen der OECD wurden 1995 weltweit 21,7 Milliarden Tonnen CO_2 energiebedingt emittiert, 3,9 Tonnen je Einwohner. Die OECD-Staaten sind für 54,3 Prozent verantwortlich. Deutschland produzierte 1995 je Einwohner 10,8 Tonnen CO_2 , fast das dreifache des Weltdurchschnitts, insgesamt etwa 884 Millionen Tonnen. Nach Berechnungen des Thüringer Landesamtes für Statistik entstanden 1995 durch den Verbrauch von Energie in Thüringen 18,6 Millionen Tonnen CO_2 - eine Größe, die auch ein Jahr später konstant blieb, sich 1997 jedoch auf 17,3 Millionen Tonnen verringerte (7,0 t je Einwohner).

Tabelle 1: CO_2 -Emissionen im territorialen Vergleich

	Emissionen 1990	Emissionen 1995	
	Millionen t		t je Einwohner
Welt	21 023	21 713	3,9
OECD	11 244	11 780	10,9
Deutschland	982	884	10,8
Thüringen	44,9	18,6	7,4

Die CO_2 - Bilanz

Betrachtet werden von der amtlichen Statistik in erster Linie die energiebedingten CO_2 -Emissionen, da diese das größte Reduktionspotential besitzen und relativ zuverlässig zu berechnen sind. Reduzieren läßt sich der CO_2 -Aus-

stoß nur an den einzelnen Emissionsquellen. Daher ist es notwendig, auch kleinräumig über die Emissionen des betrachteten Territoriums Bescheid zu wissen. Die bundesweite CO_2 -Bilanzierung wird aus diesem Grund auch von einzelnen Bundesländern durchgeführt. Nach der Devise der Agenda 21 „global denken - lokal handeln“ muß jedes Land, jede Gemeinde versuchen, ihren Beitrag zu leisten, damit auch insgesamt ein spürbarer Rückgang erreicht wird.

Ausgangspunkt zur Berechnung der energiebedingten CO_2 -Emissionen ist die Energiebilanz. Die Bundes-Energiebilanz wird jährlich von der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen berechnet und veröffentlicht. In enger Zusammenarbeit mit dem Länderarbeitskreis Energiebilanzen, der in abgestimmter Methodik für die Berechnung der Länderbilanzen zuständig ist, werden für jeden Energieträger und jeden Akteur geeignete Berechnungsvorschriften erstellt.⁵⁾ Die enge Zusammenarbeit zwischen Bund und Ländern, die einheitlichen Grundlagen und eine flexible Anpassung bei geänderten Voraussetzungen gewährleisten in Form der Energiebilanz eine zuverlässige Datenbasis für die energiebedingte CO_2 -Bilanz.

Durch den Länderarbeitskreis ist gewährleistet, daß alle Bundesländer in der Lage sind, die jeweils optimalen Energiezahlen mit einheitlichen Methoden vergleichbar zu berechnen. Die Energiebilanz Thüringens liegt seit 1991 vor und wird jährlich vom Thüringer Landesamt für Statistik erstellt.

Für die Berechnung der energiebedingten CO_2 -Emissionen werden ausschließlich die Angaben über den Verbrauch fossiler Energieträger verwendet. Bei der Verbrennung nachwachsender Rohstoffe, wie zum Beispiel Biodiesel aus Raps, entsteht zwar auch CO_2 , gleichzeitig wird aber dieselbe Menge CO_2 von den Rapspflanzen auf den Feldern gebunden, wodurch die Bilanz für diesen Energieträger ausgeglichen wird. Beim Verbrennen von Holz wird CO_2 freigesetzt, welches zum Teil vor 30 - 50 Jahren gebunden wurde. Da aber gleichzeitig Wälder wieder aufgeforstet werden, kann auch für den Energieträger Holz in Thüringen von einem CO_2 -Gleichgewicht ausgegangen werden.

Entscheidend für die Berechnung der CO_2 -Bilanz des Thüringer Landesamtes für Statistik sind die Energieträger Kohle, sowohl Braunkohle als auch Steinkohle, Gas und Mineralöl, sofern diese energetisch genutzt werden.

⁵⁾ vergl.: D. Kobler: Aufgaben und Aussagen einer Energiebilanz; in: Statistisches Monatsheft Thüringen 9/95, S.21ff sowie D. Kobler: Energiebilanz und Energieverbrauch in Thüringen 1995; in: Statistisches Monatsheft Thüringen 11/97, S. 41ff

Berechnung

Ausgangspunkt zur Berechnung der CO₂-Emissionen in Thüringen ist die Energiebilanz. Für jeden Energieträger, der beim Verbrauch CO₂-Mengen emittiert, werden die Verbrauchsmengen in Joule mit dem zugehörigen CO₂-Faktor multipliziert. Die Faktoren werden vom Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt und einheitlich in allen Bundesländern verwendet.

Für jede in Frage kommende Kohle-, Öl- oder Gasart wird für jede Verbrauchergruppe und die in der Energiebilanz ausgewiesenen Wirtschaftszweige der CO₂-Ausstoß berechnet.

Emissionen entstehen aber nicht nur beim Endverbraucher. Auch bei der Energieumwandlung, die in der Umwandlungsbilanz der Energiebilanz dokumentiert ist, werden Energieträger CO₂-wirksam verbraucht. Hier sind insbesondere die Kraftwerke zur Strom- und Fernwärmeerzeugung in Thüringen zu berücksichtigen. Die Summe der CO₂-Mengen, die beim Endverbraucher und bei der Energieumwandlung entstanden sind, geben Auskunft über die tatsächlich im Land Thüringen entstandenen energiebedingten CO₂-Emissionen. Damit ist dieses Ergebnis in erster Linie für die Beurteilung der regionalen Verhältnisse hinsichtlich des Schadstoffausstoßes von Bedeutung.

Neben dieser territorial unteretzten CO₂-Emissionsgröße - mitunter wird dafür auch der Begriff „Emission aus dem Primärenergieverbrauch“ verwendet ⁶⁾ - besteht ein berechtigtes Interesse an der Ermittlung der CO₂-Mengen, die vom Land (siehe Tab. 2) entsprechend der Energienachfrage im Endverbrauch verursacht werden. ⁷⁾ Um diesem Gesichtspunkt Rechnung zu tragen, muß im wesentlichen folgende Frage geklärt werden: In welcher Höhe be- bzw. entlastet der Stromim- bzw. -export die territorial ermittelten CO₂-Mengen aus dem Primärenergieverbrauch? Diese Frage wird mit der Berechnung des „Emissionsfaktors“ für Strom und Fernwärme beantwortet, wo sich nicht nur der Umwandlungseinsatz im Land, sondern auch der evtl. notwendige exterritoriale Energieaufwand zur Erzeugung der verbrauchten Strom- und Fernwärmemengen wiederfinden muß.

Warum muß der importierte Strom in Thüringen in die CO₂-Bilanz einfließen, obwohl die Emission in einem anderen Bundesland passiert? Diese methodisch grundsätzliche Frage kann folgendermaßen beantwortet werden: Wäre der Strom nicht verbraucht worden, hätte er auch nicht produziert werden müssen und es wären keine Emissionen angefallen. Wo die Emissionen entstehen, ist dabei neben-

sächlich. Auch bietet diese Methode den Vorteil, daß eine CO₂-Reduktion durch den Umstieg von eigenerzeugtem Strom auf Importstrom nicht möglich ist, sich dagegen ein geringerer Stromverbrauch positiv auf die CO₂-Bilanz auswirkt.

Der Stromsaldo jedes Bundeslandes wird mit dem Emissionsfaktor des Stroms bewertet, der aus der gewichteten Stromproduktion Deutschlands errechnet wird.

Ausschlaggebend für diesen Lösungsweg war, daß damit eine zum Bundesergebnis aggregierbare Größe gesichert wird.

Die Jahresergebnisse der Statistik über die Elektrizitätsversorgung ⁸⁾ liefern aus den Angaben der Energieversorgungsunternehmen (die EVU sind als Netzbetreiber überwiegend für den Stromaustausch der Länder zuständig) recht frühzeitig die Austauschmengen und den Bundes-Energiemix für die Stromerzeugung.

Gewöhnungsbedürftig ist der Gedanke, daß ein Land, welches Strom hauptsächlich aus Atomenergie oder aus regenerativen Energiequellen gewinnt und diesen in großem Umfang exportiert, im Extremfall einen negativen CO₂-Faktor im Land erhält.

Tabelle 2: CO₂-Emission laut Energiebilanz in Thüringen

Jahr	Energiebedingter CO ₂ -Ausstoß in Mio t	
	Primärenergieverbrauch	Endenergieverbrauch
1990	29,104	44,903
1995	13,396	18,574
1996	13,512	18,601
1997	12,666	17,349

Ergebnisse

Die aus dem energetischen Endverbrauch ermittelten CO₂-Mengen sind die entscheidenden Größen für die Beurteilung der Entwicklung, den Vergleich mit anderen Ländern und für die Überprüfung der Reduktionsziele. Wie allgemein bekannt, sind die ersten Erfolge der ehrgeizigen deut-

⁶⁾ vergl.: J. Wayand: CO₂-Emissionen im Lande Bremen und in den Städten Bremen und Bremerhaven 1992; in: Statistische Monatsberichte Bremen, Heft 10/94, S. 253-264

⁷⁾ vergl.: J. Wayand: Kohlendioxid-Emissionen im Land Bremen; in: Statistische Monatsberichte Bremen, Heft 5/93, S. 99-109

⁸⁾ monatliche Bundesstatistik über die Elektrizitätsversorgung lt. § 6 Buchstabe A Ziffer II Nr. 1 des Gesetzes über die Statistik im Produzierenden Gewerbe (ProdGewG) in Verbindung mit dem Bundesstatistikgesetz (BStatG)

schen Reduktionsziele bisher in erster Linie auf den Rückgang der CO₂-Emissionen der neuen Bundesländer zurückzuführen. Auch in Thüringen war 1997 gegenüber 1990 eine deutliche Reduzierung um über 60 Prozent zu verzeichnen. Während 1990 noch fast 45 Millionen Tonnen emittiert wurden, wurden 1997 durch gesunkene Energienachfrage und einen CO₂-freundlicheren Energiemix nur rund 17 Millionen Tonnen aus der Energienachfrage benötigt. Sogar gegenüber 1996 konnte die CO₂-Menge nochmals um über eine Million Tonnen gesenkt werden.

Seit 1990 liegt der Anteil der durch die Haushalte und Kleinverbraucher verursachten CO₂-Mengen (einschließlich Handels- und Dienstleistungsbereich), nahezu konstant bei etwas mehr als der Hälfte der Gesamtmenge der benötigten CO₂-Emissionen.

Der industrielle Bedarf, der 1990 noch für fast 44 Prozent der Emissionen verantwortlich war, sank bis 1997 um 80 Prozent auf nur noch 3,75 Millionen Tonnen oder mehr als 21 Prozent des Jahresbedarfs. Im Gegensatz dazu stieg der Verbrauch im Verkehrsbereich um eine halbe Million Tonnen, so daß der Anteil an der Jahresmenge von 8,3 auf 24,7 Prozent gestiegen ist.

Tabelle 3: Endenergieverbrauchsbedingte CO₂-Emission nach Energieträgern (in Mio t) in Thüringen

Jahr	Kohlen	Mineralöle	Gas	Strom- und Fernwärme
1990	18,155	3,891	1,099	21,760
1995	2,177	6,678	2,348	7,371
1996	1,353	6,808	2,759	7,682
1997	1,047	6,673	2,857	6,771

Der Mehrverbrauch im Verkehrssektor wird vor allem durch die Zunahme der CO₂-Emissionen bei der Verbrennung von Mineralölen dokumentiert. Das Einsparpotential bei den Kohlen ist im industriellen Bereich bereits fast völlig ausgeschöpft. Auch sind bereits viele Haushalte von Kohlen- auf Gasheizungen umgestiegen.

In den folgenden Jahren ist mit so gravierenden Umschichtungen und Einsparungen, wie nach 1989 zu beobachten war, nicht mehr zu rechnen. Eine CO₂-Reduktionspolitik sollte ein Wirtschaftswachstum bei möglichst gleichzeitiger Verringerung des Energieverbrauchs anstreben, welches damit vom CO₂-Bedarf weitestgehend abgekoppelt ist.

Ausblick

Immer mehr Länder wollen dazu übergehen, in Zukunft mit ihrer Energiebilanz auch die Bilanz der CO₂-Emissionen zu veröffentlichen. Dabei zeigt sich, daß vor allem in der energienachfrageorientierten Berechnung noch erheblicher Abstimmungsbedarf zwischen den Ländern und mit dem Bund besteht. Aus diesem Grund nimmt sich der Länderarbeitskreis Energiebilanzen dieser Problematik an, denn es gilt - außer den angedeuteten Grundfragen - auch noch eine Reihe von Details zu klären, auf die wegen der Beschränkung auf die Hauptzusammenhänge an dieser Stelle noch nicht eingegangen wurde. Somit ist die Herausgabe der CO₂-Bilanzen für Thüringen nach der erläuterten Methodik nicht nur als erster Überblick, sondern auch als ein Beitrag des TLS an dieser Diskussion zu verstehen.

Tabelle 4: CO₂-Emissionen nach Verbrauchergruppen in Thüringen

Verbrauchergruppen	1990		1995		1996		1997	
	1 000 t	Anteil in %						
Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe	19 634	43,7	4 198	22,6	4 091	22,0	3 752	21,6
darunter Vorleistungsgüter ¹⁾	.	.	3 076	16,6	2 613	14,1	2 654	15,3
Investitionsgüter ¹⁾	.	.	301	1,6	359	1,9	283	1,6
Gebrauchsgüter ¹⁾	.	.	73	0,4	61	0,3	56	0,3
Verbrauchsgüter ¹⁾	.	.	380	2,0	354	1,9	302	1,7
Verkehr	3 725	8,3	4 288	23,1	4 259	22,9	4 277	24,7
davon Schienenverkehr	749	1,7	171	0,9	158	0,9	176	1,0
Straßenverkehr	2 843	6,3	4 108	22,1	492	22,0	4 092	23,6
Luftverkehr	133	0,3	10	0,1	10	0,1	10	0,1
Haushalt, gewerbliche Dienstleistungen und übrige Verbraucher	21 543	48,0	10 128	54,5	10 251	55,1	9 322	53,7
darunter Haushalte ²⁾	6 633	14,8	3 755	20,2	4 286	23,0	3 846	22,2
Thüringen insgesamt	44 903	100,0	18 574	100,0	18 601	100,0	17 349	100,0

1) ohne CO₂ aus Flüssiggas und Fernwärme

2) nur leitungsgebundene Energieträger (Strom, Gas)