



## Treibhausgase

Zahlreiche Beobachtungsindizien in den letzten Jahrzehnten – globale Erwärmung der unteren Atmosphäre, Abkühlung der Stratosphäre, Meeresspiegelanstieg und Niederschlagsumverteilungen – weisen immer deutlicher auf den Menschen als Mitverursacher der Klimaänderungen hin (s. Publikation [Klimaänderungen](#)).

Ursache sind die Emissionen der sogenannten Treibhausgase, v.a. aus industriellen Prozessen seit Beginn der Industrialisierung, aber auch durch die Rodung der tropischen Regenwälder. Diese Zusammenhänge sollen im Folgenden beschrieben werden.

### 1 Treibhauseffekt und Treibhausgase

Der **Treibhauseffekt** erwärmt die Erdatmosphäre, ähnlich wie die Luft in einem Glashaus (s. Publikation [Klimaänderungen](#)): Die kurzweilige Sonnenstrahlung dringt fast vollständig bis zur Erde, während die von der Erde zurückgestrahlte Wärmestrahlung größtenteils absorbiert wird. Ohne den Treibhauseffekt wäre Leben auf der Erde kaum möglich.

Zur Absorption der Wärmestrahlung tragen einige natürlich vorkommende **Treibhausgase** in unterschiedlichem Maße bei (s. Kasten 1).

Der Mensch hat seit Beginn der Industrialisierung zunehmend Einfluss auf die Konzentration dieser Treibhausgase in der Atmosphäre genommen und so einen zusätzlichen Treibhauseffekt verursacht. Besonders rasch steigen die Konzentrationen von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O) und Ozon (O<sub>3</sub>) in der Atmosphäre an.

#### Kasten 1: Treibhausgase und ihr Beitrag zum natürlichen Treibhauseffekt

- Wasserdampf (H<sub>2</sub>O) – 21 °C
- Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) – 7 °C
- Lachgas (N<sub>2</sub>O) – ca. 2,4 °C
- Ozon (O<sub>3</sub>) – ca. 2,4 °C
- Methan (CH<sub>4</sub>) – 0,8 °C
- andere Treibhausgase – zus. ca. 0,6 °C

Darüber hinaus trägt der Mensch auch durch die Emission von Substanzen, die nicht natürlicherweise vorkommen, zum Treibhauseffekt bei. Wichtig in diesem Zusammenhang sind v.a. die FCKW und verwandte Substanzen (s. Kasten 2).

Weitere Informationen zu diesen Substanzen finden Sie in unserer Publikation [FCKW und FCKW-Ersatzstoffe](#).

#### Kasten 2: Weitere Treibhausgase

- voll- und teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW bzw. H-FCKW)
- perfluorierte und wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (FKW bzw. H-FKW)
- Halone
- Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>)

Die **Treibhauswirksamkeit** einer Substanz wird durch ihre chemischen Eigenschaften beeinflusst (s. Tabelle 1). Wichtig ist die Verweilzeit in der Atmosphäre und das Treibhauspotenzial einer Substanz, also die zusätzliche Erwärmung durch diese Substanz. Meist vergleicht man das Treibhauspotenzial mit der Erwärmung, die eine äquivalente Menge CO<sub>2</sub> verursacht hätte. Allerdings sind CO<sub>2</sub>-Äquivalenzfaktoren z.T. mit erheblichen Unsicherheiten behaftet.

Der Anteil am anthropogenen Treibhauseffekt hängt auch von der Menge einer Substanz ab (s. Abschnitte 2 – 5). Daher hat CO<sub>2</sub> als mengenmäßig bedeutendstes Treibhausgas den größten Anteil am anthropogenen Treibhauseffekt (rund 60 %). CH<sub>4</sub> trägt immerhin noch knapp 20 % bei, N<sub>2</sub>O 6 %. Dagegen tragen die FCKW relativ wenig zum Treibhauseffekt bei (z.B. FCKW-11 knapp 3 %). Ihre Bedeutung liegt erst in zweiter Linie in ihrer Klimawirksamkeit, vielmehr tragen sie z.T. erheblich zur Schädigung der Ozonschicht bei (s. Publikation [FCKW und FCKW-Ersatzstoffe](#)).

Tabelle 1: Charakteristika einiger wichtiger Treibhausgase. Quelle: IPCC 2001, zitiert nach Bundesministerium für Bildung und Forschung 2003

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	FCKW-11
<b>Mittlere Verweilzeit in Jahren</b>	50-200	12	114	45
<b>Relatives Treibhauspotential<sup>1</sup></b>	1	23	296	4600
<b>Beitrag zum anthropogenen Treibhauseffekt in Prozent<sup>2</sup></b>	60	20	6	3

Neben der Emission von Treibhausgasen sind viele andere menschliche Aktivitäten klimawirksam (s. Abb. 1): z.B. verringern Aerosole in der Summe den Treibhauseffekt eher und auch Landnutzungsänderungen haben einen deutlichen – eher kühlenden – Einfluss (s. Abschnitt 6).

Generell sind Klima und Treibhauseffekt auch natürlichen Schwankungen unterworfen (s. Publikation [Klimaänderungen](#)). So ist z.B. der Einfluss der wechselnden Sonnenzyklen auf das Klimageschehen immer wieder Gegenstand der wissenschaftlichen Diskussion (s. Abb. 1).

<sup>1</sup> Relatives molekulares Treibhauspotential gemessen an der Treibhauswirkung von CO<sub>2</sub> (=1) über 100 Jahre

<sup>2</sup> Der Rest entfällt auf andere FCKW sowie auf das troposphärische Ozon

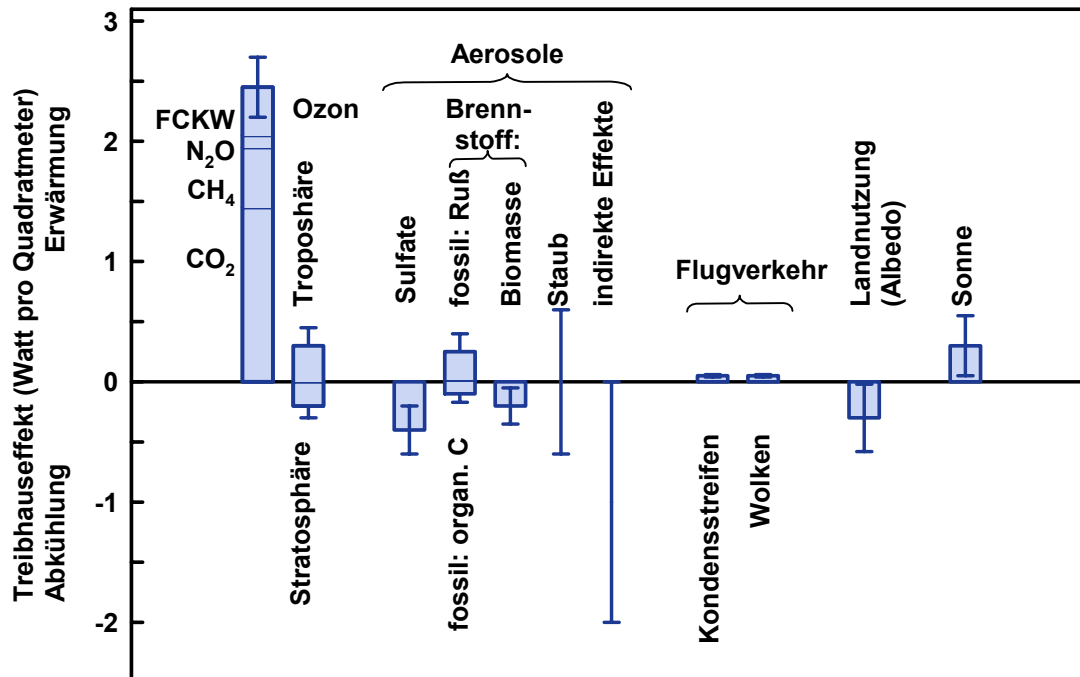


Abb. 1: Änderungen des Treibhauseffektes durch Änderungen in der Zusammensetzung der Atmosphäre, Veränderungen in der Landnutzung und Veränderung der Sonneneinstrahlung. Menschliche Aktivitäten beeinflussen jeden Faktor mit Ausnahme der Sonnenaktivität. Dargestellt sind die Werte für das Jahr 2000 relativ zum Jahr 1750. Quelle: IPCC 2001, eigene Darstellung

**Hauptquelle** für Treibhausgase ist die Verbrennung fossiler Energieträger: Durch diesen Prozess werden ca. 50 % des anthropogenen Treibhauseffektes verursacht (s. Kasten 3). Daneben haben auch Prozesse der chemischen Industrie, die Vernichtung von Wäldern und die Landwirtschaft einen deutlichen Einfluss.

### Kasten 3: Emissionsquellen für Treibhausgase

- Verbrennung fossiler Energieträger – ca. 50 % (CO<sub>2</sub>)
- chemische Industrie – ca. 20 % (v.a. FCKW und Halone)
- Abholzung und Brandrodung von Wäldern – ca. 15 %
- Landwirtschaft und andere Bereiche – ca. 15 % (CH<sub>4</sub> aus Rinderhaltung, Reisanbau und Mülldeponien; N<sub>2</sub>O durch Düngung)

## 2 Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)

CO<sub>2</sub> ist das wichtigste anthropogene Treibhausgas überhaupt: Es verursacht rund 60 % des anthropogenen Treibhauseffektes. Seit Beginn der Industrialisierung ist die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre kontinuierlich angestiegen (seit 1750 um 31 %) und liegt derzeit bei rund 370 ppm (parts per million = 0,001 ‰). Diese CO<sub>2</sub>-Konzentration wurde zumindest in den letzten 420.000 Jahren nicht überschritten, wahrscheinlich auch nicht in den letzten 20 Mio. Jahren.

## 2.1 Natürlicher Kohlenstoffkreislauf

CO<sub>2</sub> ist Teil des natürlichen Kohlenstoffkreislaufs. Die größten Kohlenstoffmengen findet man in Sedimenten, Ozeanen, aber auch in Humus und Biomasse (s. Abb. 2). Zwischen diesen Speichern werden fortlaufend große Mengen an CO<sub>2</sub> ausgetauscht, z.B. durch Gasaustausch zwischen Atmosphäre und Ozean oder durch CO<sub>2</sub>-Aufnahme bzw. -Veratmung durch die Biomasse. Ohne den anthropogenen Eintrag von CO<sub>2</sub> befinden sich diese verschiedenen Subsysteme in einem Gleichgewichtszustand, so dass die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre ziemlich konstant ist.

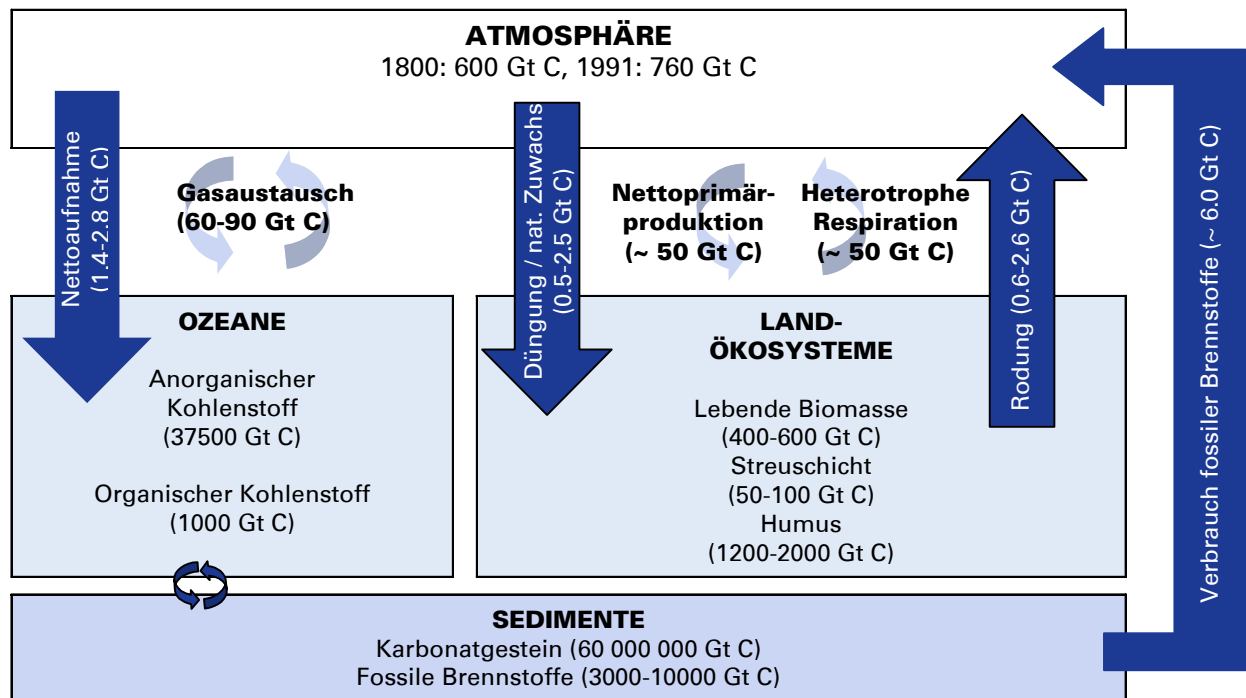


Abb. 2: Globaler Kohlenstoffzyklus mit den wichtigsten Austauschflüssen. Alle Flüsse sind in Gigatonnen C/Jahr angegeben. Hellblaue Pfeile: natürliche Komponenten, dunkelblaue Pfeile: anthropogene Komponenten. Quelle: Häger et al. 1998

Erhöht sich die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre, erhöhen sich auch die CO<sub>2</sub>-Flüsse zwischen den verschiedenen Subsystemen des Kohlenstoffkreislaufs. Über die **Reaktion der CO<sub>2</sub>-Speicher** kann man nur sehr unsichere Prognosen machen, zumal Rückkopplungseffekte durch die Temperaturerhöhung möglich sind. Einige Beispiele sind:

- Die Ozeane nehmen mehr CO<sub>2</sub> auf, wenn sich die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre erhöht. Allerdings ist bislang unklar, wie sich dies bei steigender Temperatur der Weltmeere infolge der globalen Erwärmung verändert.
- Die Aufnahme von CO<sub>2</sub> durch die Biomasse ist komplexer: Einerseits könnte die CO<sub>2</sub>-Aufnahme durch die Photosynthese stimuliert werden. Der erhöhte CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre wirkt dann wie eine Düngung. Andererseits ist eine erhöhte Freisetzung von CO<sub>2</sub> zu erwarten, weil die Pflanzen in einem wärmeren Klima mehr veratmen. Bei Wäldern hängt die CO<sub>2</sub>-Bindung auch vom Alter des Bestandes ab: Gegenwärtig befinden sich die bewirtschafteten Wälder der nördlichen Hemisphäre überwiegend in einem Aufwuchsstadium, in dem die CO<sub>2</sub>-Bindung in der Biomasse die mit der Bewirtschaftung verbundene Freisetzung übersteigt.

Aufgrund dieser Unsicherheiten ist die Anrechnung Senken schaffender Maßnahmen in den internationalen Verhandlungen zur Klimaschutzpolitik umstritten (s. Publikation [Klimaschutzpolitik](#)).

## 2.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen

**Weltweit** belaufen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen auf jährlich rund 30 Mrd. t. Etwa  $\frac{3}{4}$  davon entstehen bei der Verbrennung fossiler Energieträger. Etwa  $\frac{1}{4}$  wird durch die Brandrodung der tropischen Regenwälder (jährlich ca. 15 – 20 Mio. ha) verursacht.

In **Deutschland** entsteht CO<sub>2</sub> fast nur aus der Verbrennung fossiler Energieträger. Rund 97 % davon werden zur Energieerzeugung in Haushalt, Industrie und Verkehr verwendet (s. Abb. 3). Besonders der internationale Verkehr (22 Mio. t) und hier der Flugverkehr (15 Mio. t) trägt erheblich zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen bei.

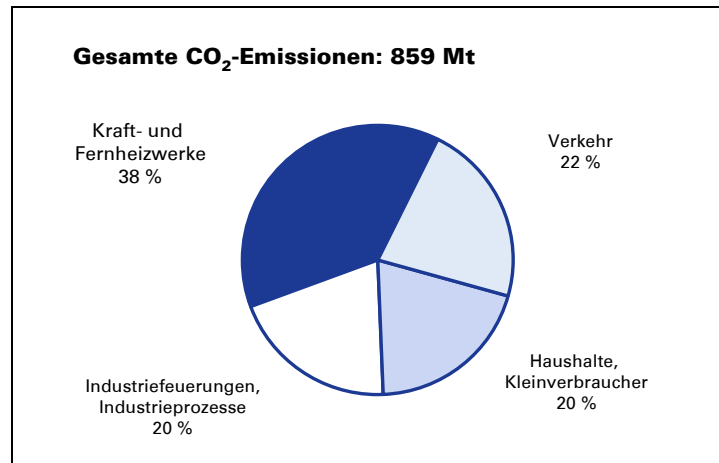


Abb. 3: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland 1999.  
Quelle: Umweltbundesamt 2003

## 3 Methan (CH<sub>4</sub>)

Seit Beginn der Industrialisierung um 1750 hat die CH<sub>4</sub>-Konzentration in der Atmosphäre um 151 % zugenommen. Derzeit verursachen menschliche Aktivitäten rund 70 % der weltweiten CH<sub>4</sub>-Emissionen (s. Tabelle 2).

CH<sub>4</sub> entsteht überall dort, wo organisches Material unter anaeroben Bedingungen abgebaut wird. Natürlicherweise geschieht das vor allem in Feuchtgebieten (Sumpfgas), aber auch im Verdauungstrakt von Wiederkäuern. Außerdem entsteht CH<sub>4</sub> bei der Förderung und Verteilung von Erdöl und Erdgas, im Bergbau und bei der anaeroben Verrottung von organischen Abfällen, Papier und Pappe in Mülldeponien. Bei diesen Quellen gibt es z.T. erfolgversprechende Ansätze zur Reduzierung der Emissionen.

Aus **landwirtschaftliche Quellen** entstehen knapp  $\frac{2}{3}$  der Gesamtemissionen. Insbesondere schlägt hier der wachsende Viehbestand, der zunehmende Nassreisbau und die Brandrodung in den Tropen zu Buche. Der hohe Anteil landwirtschaftlicher Quellen ist besonders gravierend, da diese Emissionen kaum reduziert werden können, sondern vielmehr noch ansteigen werden: Schätzungsweise werden bis zum Jahr 2100 doppelt so viele landwirtschaftliche Nutztiere und eine doppelt so große Fläche für den Reisbau nötig sein, um die wachsende Weltbevölkerung zu ernähren.

Tabelle 2: Geschätzte natürliche und anthropogene Methanemissionen weltweit (1980 – 1990) und für die Bundesrepublik Deutschland (1990). Quelle: geändert nach IPCC 1996, Enquete Kommission 1994, Umweltbundesamt 1993; zitiert nach Höper 1998

	Weltweite CH <sub>4</sub> -Emission		CH <sub>4</sub> -Emissionen in Deutschland	
	Mio. t CH <sub>4</sub> / Jahr	%	Mio. t CH <sub>4</sub> / Jahr	%
<b>Natürliche Quellen</b>	160		0,3-0,4	
<b>Anthropogene Quellen</b>				
Fossile Energieträger	100	27	1,3-2,1	25
Tier	85	23	1,4	19
Tierexkrement	25	7	0,5	7
Reisfelder	65	17	-	
Biomasseverbrennung	40	11	-	
Abfallwirtschaft	60	16	1,8-3,2	35
<b>Summe</b>	375		5,2-7,3	

## 4 Weitere klimarelevante Gase

**Lachgas (N<sub>2</sub>O):** Lachgas trägt mit etwa 6 % zum anthropogenen Treibhauseffekt bei. Es entsteht natürlicherweise durch mikrobielle Umsetzungen von Stickstoffverbindungen in Böden und Gewässern. Dieser Prozess wird durch die Stickstoffdüngung der Böden stark erhöht. Darüber hinaus wird Lachgas auch bei der Verbrennung pflanzlicher Biomasse (Brandrodung in den Tropen) und fossiler Energieträger freigesetzt.

**Halogenierte Kohlenwasserstoffe:** Der Mensch setzt eine Reihe von klimawirksamen Stoffen frei, die in der Atmosphäre natürlicherweise nicht vorkommen: die Gruppe der halogenierten Kohlenwasserstoffe. Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) wurden jahrzehntelang als Kältemittel, Treibmittel, Schaum- und Dämmstoffe sowie als Löse- und Reinigungsmittel verwendet. Eine ausführlichere Darstellung gibt unsere Publikation [FCKW und FCKW-Ersatzstoffe](#).

**Wasserdampf (H<sub>2</sub>O):** Durch den Flugverkehr wird Wasserdampf emittiert, der die Wolkenbildung beeinflusst. Langjährige Beobachtungen deuten auf eine Zunahme hoher Cirrusbewölkung in den Hauptverkehrsregionen hin. Allerdings ist dieser Faktor selbst bei einer Verzehnfachung des Flugverkehrs vernachlässigbar gering.

## 5 Aerosole

Aerosolpartikel können aus sehr verschiedenen Substanzen bestehen und aus sehr verschiedenen Quellen stammen (s. Kasten 4). Sie entstehen einerseits natürlicherweise, andererseits auch aus industriellen Prozessen und aus der Verbrennung von Biomasse. Noch ungeklärt ist der Beitrag der anthropogenen Wüstenbildung, die zu vermehrter Staubentwicklung führt.

Seit Anfang des 20. Jahrhunderts sind die anthropogenen Aerosole erheblich angestiegen, anders als die natürlichen. Dies zeigten Analysen von Eisbohrkernen aus den polaren Eisschilden und den Alpengletschern. In Alpengletschern haben sich die Konzentrationen an Sulfat in den letzten hundert Jahren sogar verzehnfacht.

### Kasten 4: Aerosole

- Meersalz aus der Gischt
- Vulkanasche
- Pollen
- Mineralstaub aus der Winderosion
- Staubpartikel aus industriellen Prozessen
- Staubpartikel aus Aufwirbelungen (Wüsten, Trockengebiete)
- Sulfat-Aerosole (Vorläufer: Schwefeldioxid, SO<sub>2</sub>)

Den Klimaeffekt der Aerosole abzuschätzen, ist aufgrund der komplexen Zusammensetzung der Aerosolpartikel schwierig:

- **Reflexion, Wärmeabsorption:** V.a. Rußpartikel reflektieren das einfallende Sonnenlicht und absorbieren Wärme.
- **Kondensationskerne:** Insbesondere Sulfat-Aerosole wirken als Kondensations-Kerne für die Wolkenbildung und ändern damit die Verteilung, Form und die optischen Eigenschaften der Wolken. Somit können Aerosole wesentliche Prozesse in der Atmosphäre stark beeinflussen.
- **Aktive Oberflächen:** An der Oberfläche von Aerosolen werden Reaktionen katalysiert, die die Lebensdauer der klimawirksamen Gase wie Ozon erheblich verändern.

Insgesamt wird der anthropogene Temperaturanstieg durch die Aerosole tendenziell gesenkt. Es wird sogar vermutet, dass Aerosole der Grund dafür sind, warum der Temperaturanstieg der Atmosphäre trotz der erheblichen Zunahme der Treibhausgase bisher moderat ausgefallen ist. Die Dämpfung des Treibhauseffektes ist allerdings stark von der Zusammensetzung der Aerosole abhängig (s. Abb. 1, Abschnitt 1). Da diese örtlich und zeitlich sehr unterschiedlich sein kann – z.B. sind die Aerosol-Konzentrationen im Bereich industrieller Großräume wie Mitteleuropa höher – sind vor allem regionale Auswirkungen zu erwarten.

## 6 Landnutzungsänderungen

Großflächige Änderungen der Landnutzung hat es immer gegeben. Ein Beispiel sind Waldrodungen, die erheblich zur CO<sub>2</sub>-Freisetzung beitragen (s. Abschnitt 6.1). Zudem haben Landnutzungsänderungen Einfluss auf den Strahlungshaushalt der jeweiligen Fläche (s. Abschnitt 6.2). Da sich zudem auch die Eigenschaften eines Standortes als Quelle oder Senke klimarelevanter Gase und Aerosole verändern, haben Landnutzungsänderungen Einfluss auf das regionale wie auf das globale Klima.

## 6.1 CO<sub>2</sub>-Freisetzung durch Waldrodungen

Bei der Waldrodung wird CO<sub>2</sub> freigesetzt, da oberirdische Pflanzenmasse verbrannt oder zersetzt wird und ein Teil des Auflagehumus und des im Boden gebundenen Kohlenstoffs abgebaut wird.

**Tropische Regenwälder** werden in großem Umfang gerodet: jährlich etwa 15 – 20 Mio. ha. Man rechnet mit einer CO<sub>2</sub>-Freisetzung von  $1,6 \pm 1,0$  Gt C pro Jahr.

**Boreale Wälder** treten immer stärker ins Blickfeld: Die Holzeinschläge in den Wäldern Kanadas und Sibiriens werden auf 2 – 5 Mio. ha pro Jahr geschätzt.

In **Mitteleuropa** trugen die historischen Rodungen zu der CO<sub>2</sub>-Anreicherung der Atmosphäre bei: Die Menge an Kohlenstoff, die seit 1750 durch diese Rodungen freigesetzt wurde, entspricht etwa 15 % des in der Atmosphäre befindlichen Kohlenstoffs. Derzeit sind die Wälder in den mittleren und höheren Breiten der nördlichen Hemisphäre im Aufbau begriffen, so dass sie im Moment etwas mehr Kohlenstoff aufnehmen als durch den Einschlag freigesetzt wird. Allerdings wird diskutiert, ob die Kohlenstoffaufnahme verringert wird, wenn die Wälder infolge des Klimawandels häufiger durch Schädlinge oder Waldbrände gestört werden.

## 6.2 Änderungen der Strahlungsbilanz

Änderungen der Landnutzung beeinflussen die Struktur der Oberfläche und damit auch ihre Absorptions- und Reflexionseigenschaften für Sonnenstrahlung (s. Tabelle 3): So werden etwa in Trockengebieten große helle, glatte und damit wenig verdunstende Flächen durch Bewässerung in dunkle, rauere und damit stark verdunstende Flächen umgewandelt. Umgekehrt ersetzt Brandrodung dunkle, raue und stark verdunstende Waldbereiche durch helle, weniger verdunstende Weideflächen oder Äcker.

Tabelle 3: Albedo verschiedener Landoberflächen. Die Albedo ist der Anteil der von der Oberfläche reflektierten Sonnenstrahlung. Quelle: Zusammenstellung in Höper 1998

Oberfläche	Albedo in %
Siedlungen	15 – 20
Tropischer Regenwald	10 – 12
Laubwald	15 – 12
Kulturflächen	15 – 30
Grünland	12 – 30
Ackerboden	15 – 30
Sandboden	15 – 40
Dünensand	30 – 60
Gletschereis	30 – 75

## 7 Fazit

Der Mensch verändert die Zusammensetzung der Atmosphäre und greift damit in das globale Klimasystem ein. Angesichts der beobachteten Klimaänderungen und bedrohlicher Prognosen wird von Klimatologen eine Verringerung der Treibhausgas-Emissionen immer dringender gefordert. Laut einer Stellungnahme der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft „reichen die derzeitigen Kenntnisse zweifellos aus, um international abgestimmte, effektive und baldige Klimaschutzmaßnahmen zu ergreifen.“

Dringendstes Ziel der nationalen und internationalen Klimapolitik muss die Stabilisierung der Konzentrationen an Treibhausgasen in der Atmosphäre sein. Dazu sind vor allem beim CO<sub>2</sub>, aber auch bei den anderen Treibhausgasen drastische Reduktionen erforderlich. Diese Reduktionen müssen überdies schnell erfolgen. Über das breite Thema der CO<sub>2</sub>-Reduktionsstrategien und der Klimapolitik informiert unsere Publikation [Klimaschutzpolitik](#).

## 8 Literatur

**Burdick, B. (1994):** Klimaänderung und Landbau. Die Agrarwirtschaft als Täter und Opfer. Verlag C. F. Müller, Heidelberg

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.):**

- (1992): Umweltpolitik. Bericht der Bundesregierung über die Konferenz der Vereinten Nationen. Bonn
- (1993): Umweltpolitik. Klimaschutz in Deutschland. Nationalbericht der Bundesregierung für die Bundesrepublik Deutschland im Vorgriff auf Artikel 12 des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen. Bonn
- (1993): Umweltpolitik. Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro Dokumente. Bonn

**Cubasch, U. und Kasang, D. (2000):** Anthropogener Klimawandel. Klett-Perthes, Gotha/Stuttgart

**Deutscher Bundestag (Hrsg.):**

- (1988): Schutz der Erdatmosphäre: Eine internationale Herausforderung. Zwischenbericht der Enquetekommission des 11. Bundestages "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre". Bonn
- (1990): Schutz der Atmosphäre; Schutz der Tropenwälder; Schutz der Erde. Abschlussbericht der Enquetekommission. Vier Bände. Economica Verlag, Bonn
- (1994): Mobilität und Klima. Wege zu einer klimaverträglichen Verkehrspolitik. Zweiter Bericht der Enquetekommission des 12. Bundestages "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre". Bonn

**Häger C., Würth G., Kohlmaier G.H. (1998):** Der Kohlenstoffkreislauf im Klimasystem. In: Lozán J. L., Graßl H., Hupfer P. (Hrsg.): Warnsignal Klima – Wissenschaftliche Fakten. Wissenschaftliche Auswertungen Hamburg

**Höper H. (1998):** Klimaveränderungen durch Landnutzungsänderungen. In: Lozán J. L., Graßl H., Hupfer P. (Hrsg.): Warnsignal Klima – Wissenschaftliche Fakten. Wissenschaftliche Auswertungen Hamburg

**Intergovernmental Panel on Climate Change (2001):** Climate Change 2001. Summary for Policymakers – A Report of Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

<http://www.ipcc.ch>

**Lozán J. L., Graßl H., Hupfer P. (Hrsg., 1998):** Warnsignal Klima – Wissenschaftliche Fakten. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg

**Schönwiese, C.-D., Diekmann, B. (1991):** Der Treibhauseffekt – Der Mensch ändert das Klima. Rowohlt, Stuttgart

**Schönwiese, C.-D.:**

- (1994): Klima im Wandel: Tatsachen, Irrtümer, Risiken. DVA
- (1995): Klimaänderungen. Daten, Analysen, Prognosen. Springer, Berlin
- (1994): Institutsbericht Nr. 96, Univ. Frankfurt. Frankfurt a.M.
- (2001): Weltklima im Wandel – Welche Rolle spielt der Mensch? Vortrag auf dem Forum „Facility Management 2001“ des Energiereferates der Stadt Frankfurt am Main am 12. Juni 2001

**Stichel, P. (1991):** Jetzt müssen wir handeln. Weltenergieversorgung, Bevölkerungsexplosion, Klimakatastrophe. Gütersloher Verlagshaus, Gütersloh

**Umweltbundesamt:**

- (2003): Umweltdaten Deutschland 2002. Berlin.
- (1992): Klimaveränderung und Ozonloch. Zeit zum Handeln. Berlin
- (1994): Alles Panikmache? oder Was ist dran an der Klimakatastrophe? Berlin

**Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2003):** Über Kioto hinaus denken – Klimaschutzstrategien für das 21. Jahrhundert. Sondergutachten. Berlin

[http://www.wbgu.de/wbgu\\_sn2003.html](http://www.wbgu.de/wbgu_sn2003.html)

**Internetseiten:**

- World meteorological organization: <http://www.wmo.ch/indexflash.html>

### Weiterführende Publikationen der Umweltberatung Bayern

- Energiesparen im Haushalt
- Energiesparen rund ums Haus, Seminarband
- [Erdwärme](#)
- FCKW und FCKW-Ersatzstoffe
- [Klimaänderungen](#)
- [Klimaschutzpolitik](#)
- Ökologische Baustoffe
- Ozonschicht und Ozonloch
- [Sonnenergie](#)
- [Sonnenergie - Linkliste](#)

---

**Autorin:** Dr. Katharina Stroh (LfU)

**Textgrundlage:** Dr. Katharina Stroh (2001): Treibhausgase. In: GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit und Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): Handbuch Umweltberatung Bayern. Loseblattsammlung 1992-2002.

Seit 2003 arbeitet die Umweltberatung Bayern am Bayerischen Landesamt für Umweltschutz. Rückfragen bitten wir an diese Adresse zu richten.

Ergänzungen und Aktualisierungen dieser Publikation finden Sie gegebenenfalls im Internet.

**Ansprechpartner:**

**Umweltberatung Bayern im Bayerischen Landesamt für Umweltschutz**

**Tel. 0821 / 9071 – 5671**

**mailto: [umweltberatung@lfu.bayern.de](mailto:umweltberatung@lfu.bayern.de)**

**<http://www.bayern.de/lfu>**

Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg