

### Erderwärmung durch Treibhausgase

Die Erde ist beständig einer Strahlung unserer Sonne ausgesetzt. Wasserdampf und atmosphärische Spurengase wie Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), Stickstoffdioxid, Methan und Ozon lassen die kurzwellige Sonnenstrahlung durch die Erdatmosphäre weitgehend ungehindert auf die Erde passieren, absorbieren aber die von der Erde reflektierte längerwellige Wärmestrahlung. Hierdurch erwärmt sich die Erde ähnlich wie in einem Treibhaus auf eine Durchschnittstemperatur von 15°C. Ohne diesen "natürlichen Treibhauseffekt" (Bild 1) wäre es um ca. 33°C kälter.

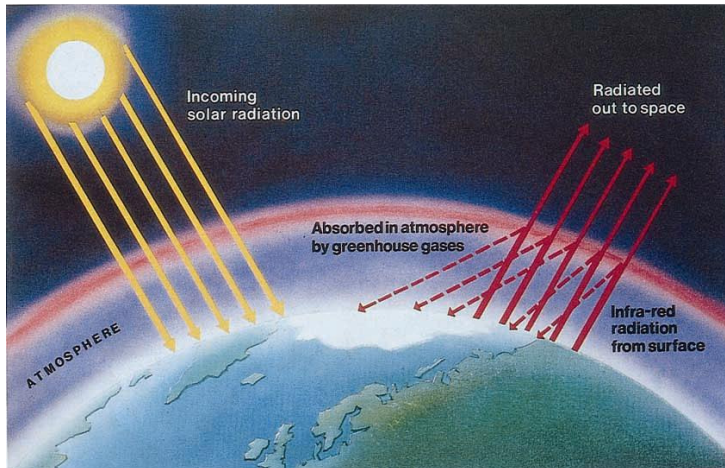


Bild 1: Der Treibhauseffekt aus [1]

Erhöht sich die Menge der sogenannten Treibhausgase, wird mehr Wärmestrahlung in der Atmosphäre absorbiert. Das natürliche Gleichgewicht zwischen Wärmeaufnahme und -abgabe wird gestört, die Temperatur steigt an. Menschliche Aktivitäten haben zu einem erheblichen Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre geführt. Der daraus zusätzlich resultierende Treibhauseffekt wird als "anthropogener Treibhauseffekt" bezeichnet [2]. Wichtigste Ursache hierfür ist die Verbrennung fossiler Brennstoffe, bei der unvermeidbar CO<sub>2</sub> entsteht, das aufgrund der großen emittierten Menge das weitaus wichtigste Treibhausgas darstellt (Bild 2).

Die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre ist seit dem Jahr 1750 bis heute um 31% gestiegen [3]. Bezüglich möglicher ökologischer Auswirkungen des anthropogenen Treibhauseffektes, wie der Anstieg des Meeresspiegels sowie eine Verschiebung der Vegetationszonen [4], und ökonomischer Auswirkungen, existieren nur Vermutungen. Die zu erwartenden wirtschaftlichen Schäden werden auf einige Prozent des Welt-Bruttosozialproduktes geschätzt [5].

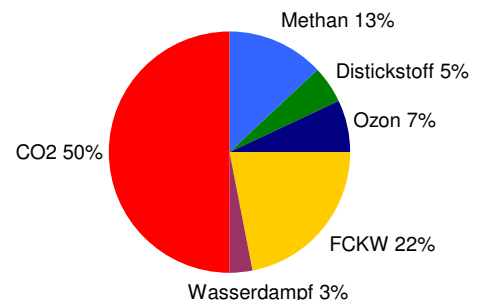


Bild 2: Für den Treibhauseffekt wirksame Gase nach [4]

Im Jahr 2001 einigte sich die Weltklimakonferenz in Marrakesch darauf, das 1997 von 98 Staaten unterzeichnete Kyoto-Protokoll zu verwirklichen. Darin verpflichteten sich die Industriestaaten bis spätestens 2012 ihre Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 um durchschnittlich 5,2 % zu mindern. Es wurde vorgesehen, dass ein Teil der Minderungsverpflichtungen auch durch den Handel von Emissionszertifikaten erfüllt werden kann. Die Europäische Kommission hat im Oktober 2001 einen Richtlinienentwurf für die Einführung eines Emissionshandelssystem vorgelegt, an dem ab 2005 ausgewählte energieintensive Industrien teilnehmen sollen.

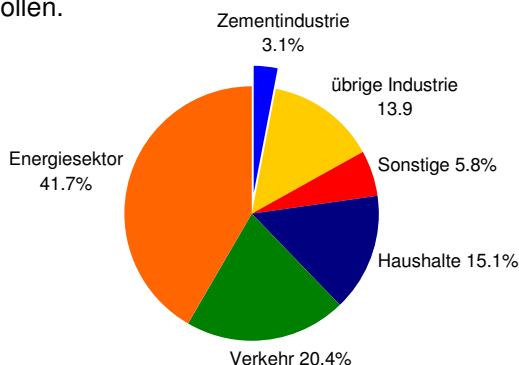


Bild 3: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland 1995 aus [8]

Die Einführung eines solchen Handelssystems hätte weitreichende Auswirkungen auf Industrien, die Produkte mit hoher CO<sub>2</sub>-Intensität und geringer Wertschöpfung herstellen, wie z.B. die Zementindustrie [6].

Die Produktion des Baustoffs Zement trug 1995 mit ca. 1.5 Milliarden t (ca. 7%) zu den gesamten weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen von 21,6 Milliarden t bei [7]. Bezogen auf Deutschland lag der Anteil bei 3,1 % (Bild 3).

**Die Verwendung von Steinkohlenflugasche (SFA) als Betonzusatzstoff ermöglicht den Zementgehalt in Beton zu verringern und bietet einen sehr effizienten Weg CO<sub>2</sub>-Emissionen und damit Treibhausgase zu reduzieren.**

**Zitate und Modellrechnungen, die das CO<sub>2</sub>-Reduktionspotential von SFA aufzeigen, das sich aus ihrem Einsatz als Betonzusatzstoff ergibt:**

- *"In der Entwicklung neuer Betonzusammensetzungen unter Einsatz von SFA liegt für uns eine Möglichkeit etwas gegen die globale Erwärmung zu tun."*  
(P. Kumar Metha, Professor für Ingenieurbau, University of California, Berkeley, 1998)
- *"Die heutige Bauindustrie kann mit SFA bessere Bauwerke erstellen und die globale Erwärmung reduzieren. Der weltweit maximal mögliche Einsatz von SFA zum Austausch von Portlandzement würde einer Reduzierung der weltweit in Betrieb befindlichen Automobile um etwa 330.000.000 Fahrzeuge entsprechen."*  
(Scott Shell, Fachmann im Bereich Entwicklung von nachhaltigen Bauten, San Francisco, 1999)
- *"Der Gebrauch von Steinkohlenflugasche zur Herstellung von Beton und damit die Verringerung eines Teils des Portlandzements reduzierte die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Zementindustrie der USA in den letzten Jahren um jährlich 4-5 Mio. t; 12-20 Mio. t CO<sub>2</sub> können eingespart werden, wenn Flugasche einen größeren Anteil am Betonmarkt erreicht."*  
(aus einem Schreiben des amerikanischen Flugascheverbandes, ACAA, an den damaligen Vizepräsidenten der Vereinigten Staaten von Amerika, Albert Gore, Oktober 1997)

Diese Aussage basiert auf einer vom ACAA durchgeführten Modellrechnung, in der davon ausgegangen wurde, dass ca. 0,95 t CO<sub>2</sub> im Verlauf der Produktion von einer Tonne Zement freigesetzt werden. Etwa die Hälfte davon resultiert aus der Calcinierung (Entsäuerung) des Zementrohstoffs Kalkstein und die andere Hälfte aus dem Einsatz fossiler Brennstoffe im Verlauf der Zementklinkerherstellung.

Diese Berechnung ist als konservativ zu bezeichnen, weil andere Berechnungen ergaben, dass die Herstellung von einer Tonne Portlandzement mit der Emission von ca. 1,01 t CO<sub>2</sub> verbunden ist [8].

**Steinkohlenflugasche** wird als Koppelungsprodukt zwingend bei der Energieerzeugung in Kohlekraftwerken produziert. Für ihre Produktion müssen weder Energie noch Rohstoffe eingesetzt werden, da in Deutschland durch gezielte Prozessführung ohne zusätzliche Auf- oder Nachbereitung Baustoffqualität nach Normenvorgaben erreicht und eingehalten wird.

Seit 1970 sind in Deutschland mehr als 40 Millionen Tonnen Flugasche aus Steinkohlekraftwerken in über 1 Milliarde Kubikmeter Beton zur Verbesserung der Betoneigenschaften verwendet worden.

Die Vorteile der Zugabe von SFA zum Beton sind bei Betontechnologen und Zementherstellern unbestritten. Die Regelung für die Anwendung von SFA im Betonbau sind in der Richtlinie "Verwendung von Flugasche nach DIN EN 450 im Betonbau" des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton sowie in der DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 zusammengestellt. Der Einsatz von SFA wird der Forderung nach Nachhaltigkeit, d.h. Schonung von natürlichen Reserven, gerecht.

## Literatur:

- [1] World Coal Institute (Hrsg.): 4<sup>th</sup> edition of Coal - Power for progress. London, 2000
- [2] Mehr Zukunft für die Erde, Schlußbericht der Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" des 12. Deutschen Bundestages, Bonn 1995
- [3] Umweltbundesamt (Hrsg.): Klimaschutz - Die größte umweltpolitische Herausforderung der Menschheit. Berlin, 2001
- [4] Klemmer, P.: Die Klimadebatte. VGB KraftwerksTechnik79 (1999), H. 3 S. 29 - 33
- [5] Umweltbundesamt (Hrsg.): Jahresbericht 1995. Berlin, 1996
- [6] Hoening, V.; Schneider, M.: Auswirkungen eines CO<sub>2</sub>-Emissionshandels auf energieintensive Industriesektoren. ZKG International, Volume 55, No. 5/2002
- [7] Rosenbaum, D.B.: In Cement, Fly Ash emerges as a cure to limit Greenhouse Gases. ENR, December 21, 1998
- [8] Ehrenberg, A.; Geiseler, J.: Ökologische Eigenschaften von Hochofenzement - Lebenswegphase Produktion. Beton-Informationen, Heft 4, 1997