

## **Beiblatt 4: Wie wirkt unser – im Vergleich zur Evolution – plötzlicher Eingriff auf die Kohlenstoffströme der Erde? Was bewirken wir bei anderen unsichtbaren Stoffströmen?**

Durch Verbrennung von Öl, Gas und Kohle gelangen derzeit jährlich etwa 6 Milliarden Tonnen Kohlenstoff (6 Mrd. t) in die Atmosphäre. Hinzu kommen rund 2 Mrd. t durch Verbrennung von Wäldern und durch geänderte Bodennutzung.<sup>1</sup>

**Wie groß ist diese vom Menschen freigesetzte Kohlendioxidmenge im Vergleich zu den natürlichen Kohlenstoffströmen (4.1)? Wie wirkt sich eine im Vergleich zur Evolution plötzliche Zunahme der CO<sub>2</sub>-Entstehung auf verschiedene Pflanzen und Tiere aus?**

**Welche Kombinationswirkungen ergeben sich, wenn sich gleichzeitig auch andere Einflussfaktoren ändern, wie z. B. Temperatur, Niederschläge, Stickoxidgehalt der Luft, Zusammensetzung der Böden usw.?**

Vergleicht man den Kohlenstoffgehalt der Erdatmosphäre<sup>2</sup> mit den heute bekannten Vorräten an fossilen Brennstoffen in der Erde<sup>3</sup> (4.2), so erkennt man: Schon die Verbrennung eines Bruchteiles der fossilen Brennstoffvorräte kann den Kohlenstoffgehalt der Erdatmosphäre verdoppeln.

**Aber wird die von den Menschen freigesetzte Kohlendioxidmenge nicht durch den Düngeeffekt, also durch verstärktes Pflanzenwachstum, ausgeglichen? Kohlendioxid dient den Pflanzen ja als Nahrung bei der Fotosynthese.**



Seit einigen Jahren gehen amerikanische, britische, französische, deutsche und andere Forscherteams in sehr aufwendigen Messreihen sowohl in Labors als auch im Freiland und im Meer diesen Fragen nach. Messungen an verschiedenen Orten der Welt mit unterschiedlichen Messmethoden führten zu folgenden weitgehend übereinstimmenden Ergebnissen:

Im Jahr 1990 betrug der Kohlenstoffgehalt der Luft 750 Mrd. t und man misst derzeit eine jährliche Zunahme um etwa 4 Mrd. t (4.2)<sup>2</sup>. Demnach bleibt derzeit etwa die Hälfte der vom Menschen frei gesetzten Menge in der Atmosphäre.

In den Weltmeeren verschwinden jährlich durch biologische und chemische Prozesse etwa 2 Mrd. t mehr, als von ihnen freigesetzt wird<sup>4</sup>. Die restlichen 2 Mrd.t werden – so wird derzeit vermutet – infolge verstärkter Fotosynthese aufgenommen von bestimmten Pflanzenarten unter bestimmten klimatischen Verhältnissen.

Die Aufnahmefähigkeit von Kohlendioxid ist von Pflanze zu Pflanze verschieden und hängt außerdem – ebenfalls von Pflanze zu Pflanze unterschiedlich – vom Lichteinfall, von der Temperatur, vom Wasser- und vom Nährstoffangebot wie u. a. dem Stickstoffgehalt des Bodens ab. Der Kohlenstoffgehalt der Pflanzen beeinflusst wiederum den Tierfraß.

Eine Reihe neuerer Untersuchungen lassen nicht ausschließen, dass eine CO<sub>2</sub>-Verdoppelung in der Luft zur Destabilisierung der Ökosysteme führen kann (4.6, 4.7).

## Beiblatt 4

**So kann beschleunigtes Wachstum bei einer Pflanzenart unter anderem dazu führen, dass sie andere Pflanzenarten verdrängt, da sie ihnen Licht, Wasser und Nährstoffe entzieht. Da der Kohlenstoffanteil in diesen Pflanzen unverhältnismäßig ansteigt, ist eine Änderung des Fraßverhaltens der Lebewesen zu erwarten.**

**Doch auch diese Pflanzen können nur so lange zusätzlichen Kohlenstoff binden, so lange sie wachsen. Im ausgewachsenen Zustand wirken sie nicht mehr als CO<sub>2</sub>-Senke. Sterben solche Bäume ab oder werden sie abgeholzt, so wird das vermehrt aufgenommene CO<sub>2</sub> auch wieder freigesetzt (4.8).**

In wärmeren Sommern zersetzen Mikroben den Humus aus alten Blättern, Wurzeln und Ästen schneller und es wird mehr CO<sub>2</sub> freigesetzt (4.9, 4.10). Wenn Dürreperioden zunehmen, wird dieser Effekt verstärkt. Durch Hitze und Wassermangel trocknen überdurchschnittlich viele Pflanzen aus und sterben. Hinzu kommt, dass z. B. durch Blitzeinschlag in trockene Wälder Anzahl und Ausmaß von Waldbränden zunehmen.

Auf diese Art können Wälder durch CO<sub>2</sub>-Zunahme in der Luft verbunden mit einer Klimaänderung von Kohlenstoffsinken zu Kohlenstoffquellen werden.

Schließlich weisen Forschungsarbeiten darauf hin, dass durch das Auftauen von arktischen Dauerfrostböden auch dort infolge verstärkter Humuszersetzung mehr CO<sub>2</sub> freigesetzt werden kann, als durch Fotosynthese aufgenommen wird.

Wir greifen aber nicht nur erheblich in den Kohlenstoffkreislauf ein, sondern auch in eine Reihe anderer Stoffkreisläufe, bei denen sich in Jahrtausenden ein stabiles Gleichgewicht entwickelt hat.

Zusätzlich setzen wir neue Stoffströme in Gang, auf die sich die Erde im Laufe der Evolution insbesondere im Laufe der Entwicklungsgeschichte des Menschen nicht eingestellt hat, indem wir künstlich erzeugte Substanzen freisetzen, die die Natur bisher noch nicht kennt.

Beispiele sind Substanzen im Abwasser, in Abgasen, in Abfalldeponien, in Klärschlämmen und Filterinhalte, hinzukommen gentechnisch veränderte Pflanzen.

Von einigen besonders schädlichen Stoffen konnte die Freisetzung inzwischen zumindest in den reicheren Ländern weitgehend gestoppt werden, wie z. B. von Dioxin, PCP, FCKW, Quecksilber, Cadmium, Asbest usw., nachdem sie gravierende Auswirkungen verursacht hatten.

Wie sich aber die Summe von kleinen Mengen verschiedenster Stoffe langfristig auswirken wird, ist bisher wenig wissenschaftlich erforscht<sup>5</sup> (4.13).

## Beiblatt 4

- <sup>1</sup> Dies lässt sich berechnen aus den Statistiken der Förderländer und aus der durch Satellitenbeobachtungen ermittelten Fläche der jährlich verbrannten Wälder.
- <sup>2</sup> Der Kohlenstoffgehalt der Erdatmosphäre wird seit einigen Jahrzehnten durch ein breit über die Erde gestreutes Netz von Messstellen ermittelt. Der erste Nationalbericht der Bundesregierung im Rahmen der Klimakonvention nennt allein in Deutschland Daten von vier Messstellen seit 1975 (4.3). Sie alle kommen weitgehend zu übereinstimmenden Ergebnissen. Die durch direkte Messung ermittelten Ergebnisse gehen nahtlos über in Ergebnisse, die rekonstruiert wurden aus der Zusammensetzung von Luftbläschen, eingeschlossen in alten Eis- und Firnschichten an mehreren Stellen der Antarktis und in Grönland (4.4). Außerdem wird der atmosphärische Kohlendioxidgehalt der Vergangenheit rekonstruiert aus alten Bäumen, eingeschlossenen alten Pflanzen und Blütenstaub sowie aus Ablagerungen am Meeresboden (4.5).
- <sup>3</sup> Hinzu kommen derzeit geschätzte 10.000 Mrd. t (!) Kohlenstoff in den weltweiten Vorräten von Methanhydrat (in Eiskristalle eingeschlossenes Erdgas – „Brennendes Eis“), in den Sedimenten (Ablagerungen) der Ozeane und in kleineren Mengen auch in Dauerfrostböden Russlands und Kanadas. Bei Raumtemperatur und Atmosphärendruck zersetzt es sich in Methan (Erdgas) und Wasser (4.11; siehe auch Beiblatt 11).
- <sup>4</sup> Dies gilt jedoch nur bei den derzeitigen Temperatur- und Strömungsverhältnissen. Sollte – bedingt durch Klimaänderungen – die ozeanische thermohaline Zirkulation (vgl. Beiblatt 11) deutlich verlangsamt werden, so würde dies den Tiefenwasser-Sauerstoffgehalt und die Kohlenstoffaufnahme durch Ozeane und marine Öko-Systeme deutlich beeinflussen (4.12).
- <sup>5</sup> Die Stuttgarter Zeitung berichtete am 14.9.2001 unter der Überschrift **„Chemikalien im Grundwasser“: MÜNCHEN (dpa). Die Qualität des Grundwassers in Deutschland lässt immer mehr zu wünschen übrig. Auf einem Fachkongress in München diskutierten Experten über die vielfältigen Belastungen und die Gefahren, die davon ausgehen.** Viele Schadstoffe blieben Jahrtausende im Grundwasser erhalten, sagte der Tübinger Hydrogeochemiker Peter Grathwohl. Dies bestätigten aktuelle Untersuchungen über den Abbau und Rückhalt der Stoffe in den grundwasserführenden Bodenschichten.  
Die Zahl der ins Grundwasser eingebrachten Chemikalien nehme zwar kaum zu, oftmals sei aber deren schädliche Wirkung lange Zeit nicht bekannt. „Wir finden jetzt Vieles, wonach wir früher nicht gesucht haben“, sagte der Wissenschaftler, der dem Wissenschaftlichen Beirat für Bodenschutz der Bundesregierung angehört.  
So sei beispielsweise in den USA Methyltertiärbuthylether (MTBE) anstelle anderer giftiger Stoffe als Antiklopffmittel im Benzin eingesetzt worden. ... Als Folge des MTBE-Einsatzes hätten in Teilen Kaliforniens Grundwasserbrunnen stillgelegt werden müssen. Schwierig sei es, einen direkten Zusammenhang zwischen Belastung des Wassers mit einem Schadstoff und daraus resultierenden Erkrankungen herzustellen. Dies gelte beispielsweise für Industriechemikalien wie Plastikweichmacher und Arzneimittelrückstände im Grundwasser.  
Möglichkeiten, derartige Chemikalien in absehbarer Zeit aus dem Grundwasser zu entfernen, gibt es nach Angaben Grathwohls bisher nicht. „Der Boden hat ein sehr langes Gedächtnis.“

## Literatur

- 4.1 Der Kohlenstoffkreislauf wird beschrieben z. B. in: Natura 3, Biologie für Gymnasien, Oberstufe, Klett 1995, S. 315.
- 4.2 Enquête-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.) (1995): Mehr Zukunft für die Erde, Economica, S. 23 ff.
- 4.3 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (1994): Klimaschutz in Deutschland, 1. Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland nach dem Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, Bonn. S. 31 (Quelle: Umweltbundesamt, Messnetz).
- 4.4 IPCC: Third Assessment Report 2001, Summary for Policy-Makers, Working Group I, The Scientific Basis, S. 6; [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch).
- 4.5 Schönwiese, Diekmann: Der Treibhauseffekt, DVA, Stuttgart 1987, Seite 98.
- 4.6 Enquête-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.) (1994): Schutz der grünen Erde, Economica, S. 534 ff.
- 4.7 Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltrisiken der Bundesregierung, Jahresgutachten 1999.
- 4.8 Engeln, H. (2001): Klimaforschung, Vor uns die Sintflut, in: Geo 7/2001 S. 108-138.
- 4.9 Deutsche Meteorologische Gesellschaft (2001), Stellungnahme zu Klimaänderungen 26.3.2001.
- 4.10 4.8 S. 122 sowie Graßl, H. in: Geo 3/2001 S. 179. Grassl spricht hier von „bis zu 200 Mrd. t zusätzlich im 21. Jahrhundert“.
- 4.11 Gutt, C. u. a. (2001): Brennendes Eis. Methanhydrat – Energiequelle der Zukunft oder Gefahr fürs Klima? In: Physikalische Blätter 37 (2001) Nr. 9 S. 49-54.
- 4.12 IPCC: Third Assessment Report 2001, Summary for Policy-Makers, Working Group 2 S. 6.
- 4.13 Knaus, A., Renn, O. (1998): Den Gipfel vor Augen. Unterwegs in eine nachhaltige Zukunft. Metropolis S. 21 ff.