



## **Untersuchungen des Beitrages der Verbrennung fossiler Brennstoffe zum atmosphärischen Kohlendioxid in Europa**

**U. Karstens** (1), I. Levin (2) und P. Peylin (3)

(1) Max-Planck-Institut für Biogeochemie, Jena, Deutschland, (2) Institut für Umweltphysik, Universität Heidelberg, Deutschland, (3) Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Gif-sur-Yvette, Frankreich, (ute.karstens@zmaw.de / Fax: +49 40 41173298)

In Europa stammt ein beträchtlicher Anteil des atmosphärischen Kohlendioxids ( $\text{CO}_2$ ) in der Grenzschicht aus der Verbrennung fossiler Energieträger wie Kohle, Erdöl und Erdgas. Soll nun die regionale Kohlenstoffbilanz der Biosphäre auf der Grundlage von Messungen der atmosphärischen Kohlendioxidkonzentrationsverteilung abgeschätzt werden, so muss dieser fossile Anteil möglichst genau bestimmt werden.

Am besten geeignet für die Bestimmung des regionalen Anteils von Verbrennungs- $\text{CO}_2$  ist die Analyse des Gehaltes des radioaktiven Kohlenstoffisotops  $^{14}\text{C}$  im gemessenen atmosphärischen  $\text{CO}_2$ .  $\text{CO}_2$  aus der Verbrennung fossiler Energieträger enthält nämlich, im Gegensatz zu biogenem  $\text{CO}_2$ , aufgrund des hohen Alters dieser Brennstoffe kein  $^{14}\text{C}$ . Aus den Abweichungen zwischen dem  $^{14}\text{CO}_2$ -Pegel in verschmutzter Luft von dem Pegel in maritimer Reinluft lässt sich somit die fossile  $\text{CO}_2$ -Komponente direkt berechnen. Diese Analyse verlangt jedoch eine hohe Präzision und ist deshalb vergleichsweise aufwendig und teuer, so dass meist über 2-4 Wochen integriert Luftproben gesammelt und analysiert werden und bislang höher aufgelöste quasi-kontinuierliche Messreihen nur an wenigen Stationen episodisch vorliegen.

Deshalb wird in den meisten Inversionsstudien, die aus Messungen des atmosphärischen  $\text{CO}_2$  unter Anwendung von Transportmodellrechnungen Rückschlüsse auf die Quellen- und Senkenverteilung der Biosphäre ziehen, der Anteil des fossilen  $\text{CO}_2$  aus Transportmodellrechnungen auf der Basis von Emissionskatastern berechnet und

abgezogen. Eine Alternative bieten gleichzeitige Messungen von anderen Spurengasen, die ebenfalls bei der Verbrennung freigesetzt werden, wie zum Beispiel Kohlenmonoxid (CO). Hierzu muss jedoch das jeweilige Emissionsverhältnis zum fossilen CO<sub>2</sub> gut bekannt und möglichst konstant sein. Beide Vorgehensweisen beinhalten aber Unsicherheiten, die entweder vom Modelltransport und den Emissionskatastern herrühren oder von zusätzlichen (CO-) Quellen bzw. Senken und Schwankungen im entsprechenden Emissionsverhältnis verursacht werden.

Die Emissionen von Kohlenstoff in Verkehr, Haushalt und Industrie werden zwar auf nationaler Ebene zusammengetragen, sie sind aber bislang nicht ausreichend durch unabhängige Messungen verifiziert, insbesondere was ihre räumliche Verteilung und zeitliche Variabilität angeht. Eine Möglichkeit dafür wäre ein Vergleich der auf der Basis eines Emissionskatasters mit einem „perfekten“ Transportmodell simulierten fossilen CO<sub>2</sub>-Konzentration mit der aus <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>-Messungen bestimmten fossilen CO<sub>2</sub>-Komponente an ausgewählten Stationen in Europa.

In der hier vorgestellten Studie werden Transportmodellrechnungen durchgeführt, um verschiedene Strategien zur Bestimmung des Beitrages der Verbrennung fossiler Brennstoffe zum atmosphärischen Kohlendioxid in Europa zu untersuchen. So wird der anteilige Einfluss der Unsicherheiten zum einen im modellierten Transport und zum anderen in den Emissionskatastern auf das simulierte fossile CO<sub>2</sub> untersucht. Dazu wurde im Rahmen des europäischen Projektes CarboEurope ein Modellvergleich durchgeführt, bei dem verschiedene für Europa existierende Emissionskataster als Eingabe für mehrere globale und regionale Transportmodelle verwendet wurden. Ein Vergleich der Modellergebnisse mit den aus <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>-Messungen bestimmten Monatswerten an einigen Stationen in Europa erlaubt nun sowohl Rückschlüsse auf die Qualität des modellierten atmosphärischen Transportes als auch auf die Auswirkungen der Unterschiede in den Emissionskatastern. Erste Vergleiche zeigen allerdings, dass die Unterschiede zwischen den Modellsimulationen, denen dasselbe Kataster zugrunde liegt, ebenso groß sein können, wie die Unterschiede zwischen den Simulationen eines einzelnen Modells, die jeweils auf den unterschiedlichen Katastern basieren. Die mittlere quadratische Abweichung zwischen Modellergebnissen und Messungen beträgt zwischen 20% und 80%. Eine weitere gründliche Analyse und gegebenenfalls Verbesserung der einzelnen Transportmodelle ist also nötig, bevor Emissionskataster auf diese Weise verifiziert werden können.

Des Weiteren wird ein rein auf Messungen beruhender Ansatz getestet, bei dem aus der Kombination von (mehr)wöchentlich integrierten <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>-Messungen mit stündlichen CO-Messungen eine zeitlich hoch aufgelöste Zeitreihe des fossilen CO<sub>2</sub> bestimmt wird. Durch diese Kombination wird eine kontinuierliche Kalibration des Verhältnisses von CO zu fossilem CO<sub>2</sub> gewährleistet. Modellsimulationen bieten nun

eine gute Möglichkeit, diese Vorgehensweise an potentiell in Inversionen nutzbaren Messstationen zu testen und die Unsicherheiten abzuschätzen. Dazu wird die mittlere quadratische Abweichung zwischen dem aus dem simulierten stündlichen CO über diese Methode bestimmten fossilen CO<sub>2</sub> und dem direkt simulierten stündlichen fossilen CO<sub>2</sub> bestimmt. Für Stationen in Europa reichen diese Abweichungen von 15% bis 40%, mit den höheren Werten in Gebieten mit niedrigem fossilem CO<sub>2</sub>-Anteil. Die mit dieser Methode bestimmten Zeitreihen des fossilen CO<sub>2</sub> werden an den Stationen, an denen die benötigten <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> und CO-Messungen jetzt schon existieren, dann ebenfalls für eine genauere Analyse des Modellvergleichs zur Verfügung stehen.