

## Umweldetektiv für Treibhausgase: CarbonSat-Messkonzept der Uni Bremen erfolgreich getestet

Bremen, 5.3.2014

Im Rahmen einer erfolgreichen Forschungsmesskampagne im Auftrag der europäischen Weltraumbehörde ESA unter der Leitung des Instituts für Umwelphysik (IUP) der Universität Bremen, konnte erstmals gezeigt werden, dass sich Emissionen der beiden wichtigen Treibhausgase CO<sub>2</sub> und Methan (CH<sub>4</sub>) aus der Ferne – also wie mittels Satellit vom Weltraum aus - unabhängig und genau bestimmen lassen. Diese Ergebnisse sind ein wichtiger Meilenstein bei der Entwicklung eines zukünftigen Satelliten-gestützten Sensorsystems („CarbonSat“) zur weltweiten unabhängigen Messung von Treibhaus-Emissionen.



Abbildung 1: Kohlekraftwerk am Niederrhein nördlich von Duisburg (Foto: <http://www.fotocommunity.de/pc/pc/display/18191366> (c) Torsten Anneessen)

Die weiterhin ansteigenden Konzentrationen der Treibhausgase CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> in der Atmosphäre unserer Erde sind mitverantwortlich für die globale Klimaerwärmung und damit einhergehenden Veränderungen im System Erde, wie z. B. dem Rückgang von Gletschern und dem Anstieg des Meeresspiegels.

Die Quellen und Senken von CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> bestehen aus einer Vielzahl von menschen-verursachten und natürlichen Prozessen, wie z.B. die Verbrennung fossiler Brennstoffe (Quelle) und die CO<sub>2</sub>-Aufnahme durch Pflanzen (Photosynthese, Senke). Um besser zu Verstehen, wie wir das Klima beeinflussen, wie die Vorhersagekraft von Modellen verbessert werden kann und wie zukünftig umweltpolitische Maßnahmen sinnvoll umgesetzt werden sollten, ist es von besonderer Bedeutung, die genaue Verteilung der Quellen und Senke von CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> sowie ihre Stärke vergleichbar zu bestimmen. Weltweit vergleichbare Messungen dieser Art lassen sich gut mit speziellen

Messinstrumenten auf Satelliten durchführen, welche die Erde täglich 14-mal umkreisen und dabei einmalige globale Datensätze liefern.

Unter der wissenschaftlichen Leitung des Instituts für Umweltphysik (IUP) der Universität Bremen wurde im Jahr 2010 die CarbonSat (Carbon Monitoring Satellite) Satelliten-Mission der europäischen Weltraumbehörde ESA vorgeschlagen. Die ESA wählte CarbonSat aus über 30 eingereichten Vorschlägen als eine von zwei Missionen aus, deren technischen Machbarkeit und Durchführbarkeit derzeit mit dem Ziel untersucht wird, ab 2020 solche satelliten-gestützten Treibhausgasmessungen durchzuführen.

CarbonSat wird - unter Ausnutzung des eindeutigen spektroskopischen Fingerabdrucks von  $\text{CO}_2$  und  $\text{CH}_4$  - diese Gase weltweit vergleichbar, hochgenau und räumlich abbildend vermessen. Aus diesen Messungen lassen sich dann die Verteilung, sowie die Stärke der Quellen und Senken dieser Gase bestimmen. Durch die bildgebende Erfassung der Treibhausgase und durch die gleichzeitige Bestimmung der Photosynthese-Aktivität der Pflanzen durch CarbonSat, eröffnen sich einmalige Möglichkeiten, die natürlichen und die menschlich-beeinflussten Prozesse besser zu trennen und zu verstehen. Dies ist nicht nur wissenschaftlich hoch relevant, sondern auch wichtig für zukünftige umweltpolitische Maßnahmen wie z.B. zur Regulierung von Treibhausgasemissionen.

Bevor man jedoch teure und neuartige Geräte mit einem Satelliten in eine Umlaufbahn um die Erde bringt, ist es erforderlich, dass man die Messmethode z.B. mit Hilfe von ähnlichen Geräten auf einem Flugzeug testet und demonstriert.

Das IUP hat in Zusammenarbeit mit dem GeoForschungszentrum Potsdam den neuartigen Flugzeug-sensor MAMAP erfolgreich entwickelt und getestet. MAMAP besteht aus einer speziellen spektroskopischen Kamera mit einer sehr hohen Empfindlichkeit und Genauigkeit für  $\text{CO}_2$  - und  $\text{CH}_4$  - Messungen. MAMAP basiert – genau wie CarbonSat - auf der hochgenauen Methode der solaren Absorptionsspektroskopie.



**Abbildung 2: C-MAPExp Kampagnen Team mit Forschern von METAIR, der Freien Universität Berlin und des IUP der Universität Bremen, August 2012 (Foto: IUP).**

Im Sommer 2012 wurde im Auftrag der ESA mit zwei Flugzeugen eine intensive Messkampagne durchgeführt, um die Frage zu beantworten, ob man Änderungen des atmosphärischen  $\text{CO}_2$ , wie sie

z.B. durch Emissionen von Kohlekraftwerken verursacht werden, so genau vermessen kann, dass man daraus zuverlässig die Emission der CO<sub>2</sub>-Quelle bestimmen kann. Deutsche Kohlkraftwerke sind für solche Untersuchungen gut geeignet, da ihre Emissionen bekannt sind, was jedoch nicht für alle Länder dieser Erde der Fall ist. Ziel ist es, diese Messtechnik später auf unbekannte Quellen anzuwenden. Im Rahmen der Messkampagne wurde mit MAMAP die CO<sub>2</sub> „Wolke“ eines Kohlekraftwerkes „von oben“ – also wie vom Satelliten – mittels Fernerkundung vermessen. Mit einem zweiten Forschungsflugzeug wurden Querschnitte durch die CO<sub>2</sub> „Wolke“ direkt erfasst. Letzteres geschah mit einem sehr genauen Standardverfahren, welches geeignet ist, die neuartige Messtechnik von MAMAP zu überprüfen.

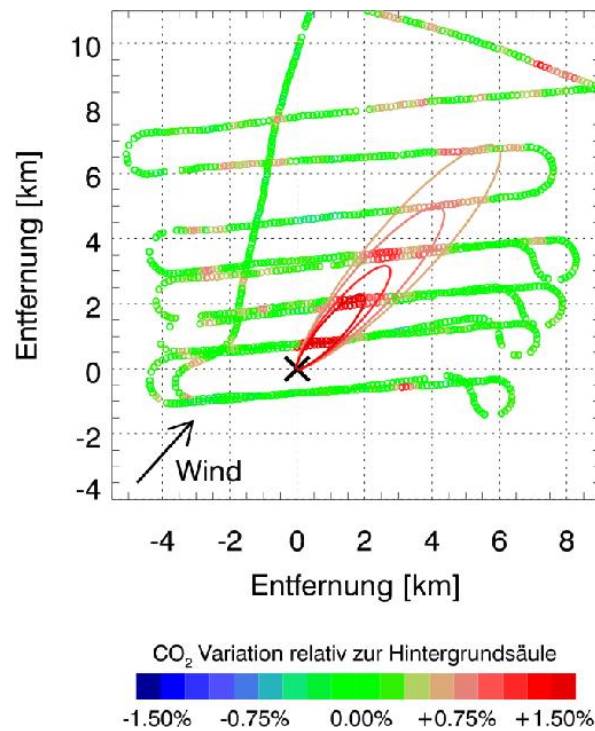


Abbildung 3: Gemessene und am Computer simulierte CO<sub>2</sub> „Wolke“ eines Kohlekraftwerks. Die Abbildung verdeutlicht, dass sich sehr kleine Änderungen des CO<sub>2</sub> (<1 %) genau messen lassen und dass man hieraus mittels Computermodellen die Emissionen zuverlässig bestimmen kann (Abbildung: IUP).



Abbildung 4: Kohlekraftwerk Weisweiler (Foto: IUP).



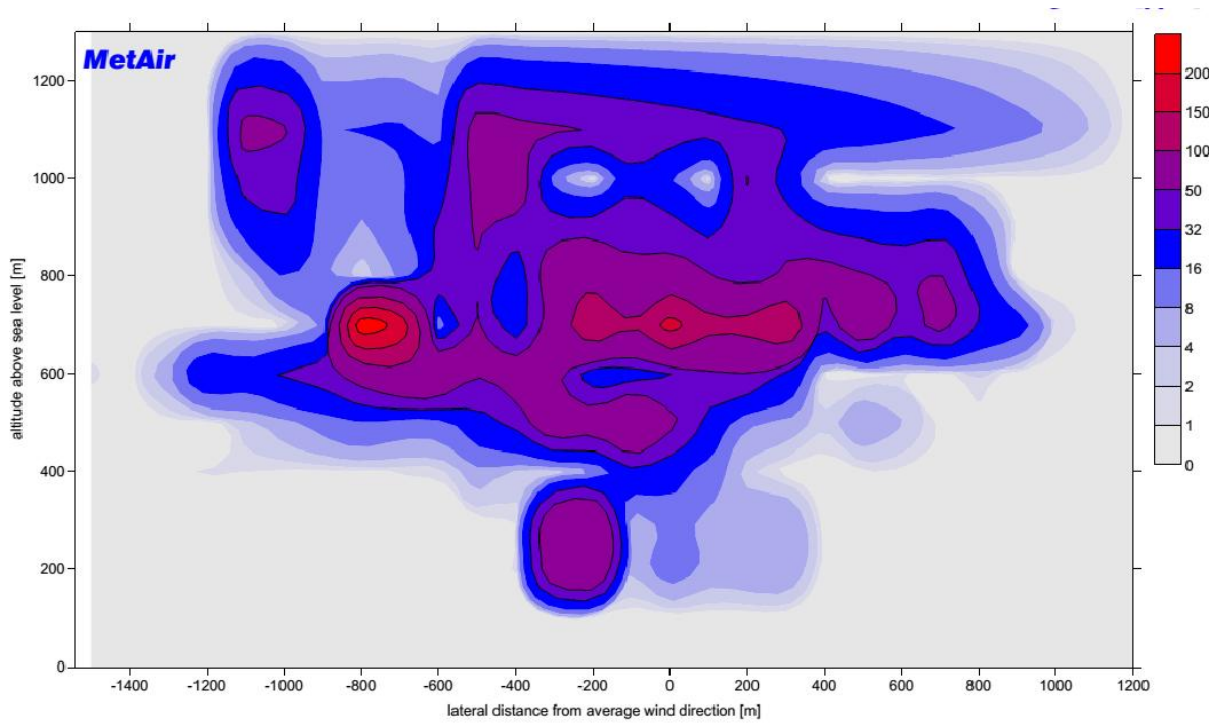


Abbildung 5: Vertikaler Querschnitt durch die CO<sub>2</sub> "Wolke" eines Kohlekraftwerks. Diese Ergebnisse werden verwendet, um die MAMAP Messungen unabhängig zu überprüfen (Abbildung: METAIR).

Neben CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Kohlekraftwerken konnten auch Methanemissionen aus Wetterschächten des aktiven Kohlebergbaus erfolgreich vermessen werden.

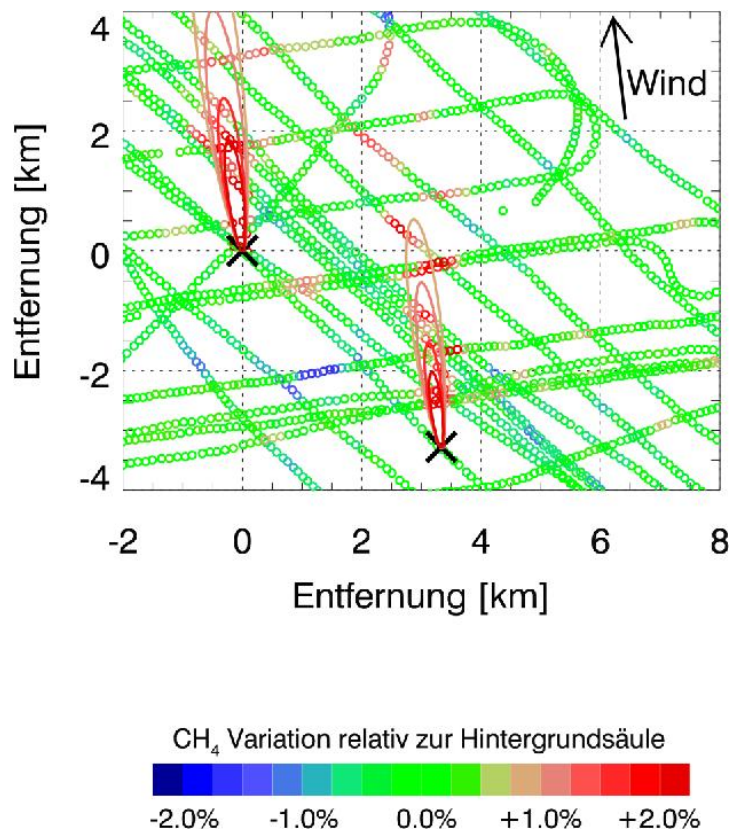


Abbildung 6: Gemessene und am Computer simulierte Methan-Wolken von Wetterschichten des aktiven Kohlebergbaus. Die Abbildung verdeutlicht, dass sich sehr kleine Änderungen des CH<sub>4</sub> (<1 %) genau messen lassen und dass man hieraus mittels Computermodellen die Emissionen bestimmen kann (Abbildung: IUP).

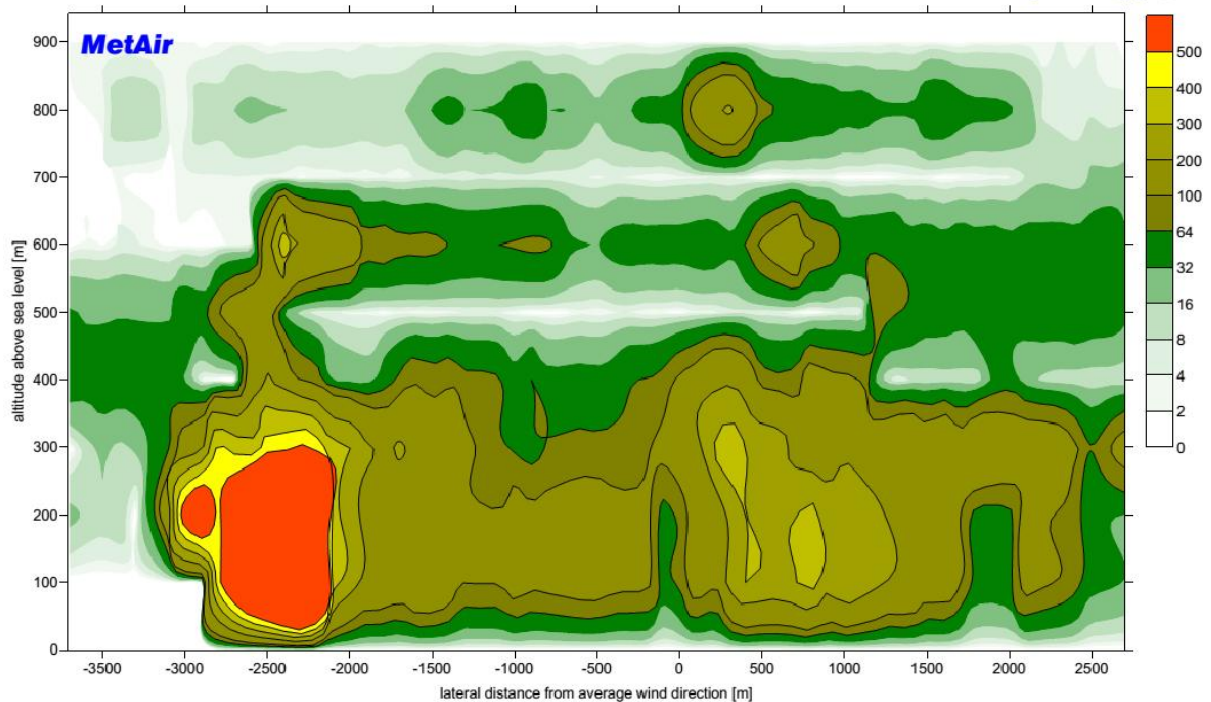


Abbildung 7: Vertikaler Querschnitt durch die Methan-Wolken von Wetterschichten des aktiven Kohlebergbaus. Diese Ergebnisse werden verwendet, um die MAMAP Messungen unabhängig zu überprüfen (Abbildung: METAIR).

Wie die nun vorliegende Datenauswertung zeigt, war die Forschungskampagne sehr erfolgreich. Es konnte demonstriert werden, dass man erstens sehr kleine Konzentrationsänderungen in CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> sehr genau mittels spektroskopischen Fernerkundungsmethoden vermessen kann und dass man zweitens aus diesen Messungen die Emissionen der Quellen bestimmen kann. Die unabhängigen Messungen des zweiten Forschungsflugzeuges bestätigen die hohe Qualität der neuen Fernerkundungsmethode. Die kleinen mit MAMAP vermessenen Konzentrationsänderungen sind repräsentativ auch für ähnliche Gradienten, wie sie mit CarbonSat vermessen werden sollen.

Erstmals konnte somit der Nachweis vorgelegt werden, dass die bildhafte Erfassung von Treibhausgasverteilungen mit hoher Genauigkeit und räumlicher Auflösung die Bestimmung von Quellstärken erlaubt.

Durch den Erfolg dieser ersten Messkampagne im Rahmen von CarbonSat, und durch das große Interesse an dieser Art von Messdaten bei amerikanischen Kollegen, werden die Forscher vom IUP mit ihren amerikanischen Kollegen und mittels der Unterstützung von ESA und NASA in diesem Jahr eine intensive Forschungsmesskampagne in Kalifornien durchführen. Neben guten Wetterbedingungen zeichnet sich Kalifornien durch eine Vielzahl interessanter „Hot Spots“ (z.B. natürliche Leckagen von Erdgas aus dem Meeresboden) aus.

Und die Forscher an der Universität Bremen haben inzwischen soviel gelernt, dass sie nun wissen wie man die Messtechnik des Flugzeug-Sensors nochmals drastisch verbessern kann. Die Satellitenmission CarbonSat wird davon profitieren und das Projekt „MAMAP Next Generation“ steht bereits in den Startlöchern.

Kontakt IUP:

Heinrich Bovensmann  
Universität Bremen, FB1  
Institut für Umweltphysik  
Postfach 330440, 28334 Bremen  
Telefon: +49-421 218 62102  
Fax: +49-421-218 62070  
E-Mail: [heinrich.bovensmann@uni-bremen.de](mailto:heinrich.bovensmann@uni-bremen.de)  
<http://www.iup.uni-bremen.de>

## Web-Links

CarbonSat an der Universität Bremen

[www.iup.uni-bremen.de/carbonsat/](http://www.iup.uni-bremen.de/carbonsat/)

METAIR

<http://www.metair.ch/>

ESA Web Story (Englisch)

[http://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/The\\_Living\\_Planet\\_Programme/Campaigns/Pinpointing\\_sources\\_of\\_greenhouse\\_gases](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Campaigns/Pinpointing_sources_of_greenhouse_gases)

ESA Earth Explorers

[http://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/The\\_Living\\_Planet\\_Programme/Earth Explorers](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers)