Klaus Kordowski

Turbulenter Austausch von Kohlendioxid in der urbanen Grenzschicht über einer Parkfläche

Dissertation in der Fakultät Biologie und Geographie,
betreut durch Prof. Dr. Wilhelm Kuttler

Ziel der Arbeit

Vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels und der Tatsache, dass Kohlendioxid (CO_2) als Hauptverursacher des anthropogenen Treibhauseffektes gilt, ist die Kenntnis der Austauschprozesse dieses Spurengases an der Grenzfläche Erde/Atmosphäre wichtig, um gegenwärtige und zukünftige Entwicklungen verlässlich modellieren zu können.

Städtische Verdichtungsräume spielen eine entscheidende Rolle bei Betrachtung der anthropogenen CO_2-Emissionen, da sie die Hauptquellgebiete für dieses Spurengas sind. Dabei stellen Vegetationsflächen innerhalb urbaner Räume (Parks, Gärten, Friedhöfe) potenzielle Senken für den Spurenstoff dar, die auf lokalem Maßstab die Netto-Emission von CO_2 beeinflussen können.

Ziel der Arbeit war, die turbulenten Austauschvorgänge von CO_2 in der urbanen atmosphärischen Grenzschicht direkt zu quantifizieren und die Modifikation der CO_2-Dynamik durch eine städtische Parkfläche zu analysieren.

Untersuchungsgebiet und Methodik

Im Zeitraum von September 2006 bis Oktober 20007 wurde an einem Aussichtsturm am Rand des Grugaparks in Essen (Abb. 1+2) der turbulente Austausch von CO_2 (F_{CO2}) mittels der Eddy-Kovarianz-Methode bestimmt. Dieses Verfahren erlaubt die direkte Bestimmung turbulenter Energie- und Massentransporte in der bodennahen Atmosphäre. Grundlage ist die zeitlich hoch aufgelöste Erfassung des gemeinsamen Variieren der vertikalen Windkomponente und einer skalaren Größe – im vorliegenden Fall der CO_2-Konzentration (Abb. 3).

Die Flächennutzung des Untersuchungsgebietes war unterschiedlicher Art: Während bei Anströmung aus südwestlichen Richtungen die Parkfläche innerhalb des Einflussbereiches lag, hatten die erfassten Austauschraten bei östlichen Windrichtungen einen urbanen Charakter.

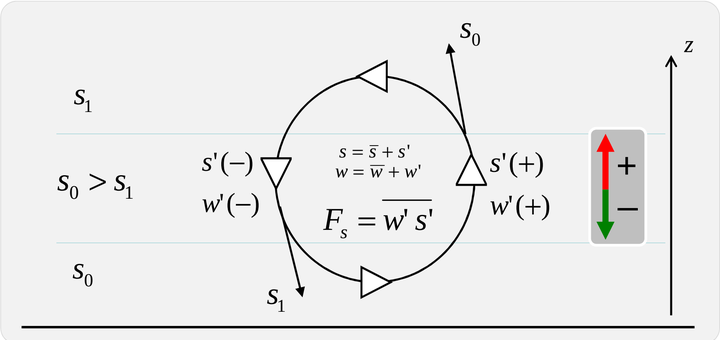

Abb. 3: Das Prinzip der Eddy-Kovarianz-Methode zur Bestimmung atmosphärischer Austauschvorgänge beruht auf der zeitlich hoch aufgelösten Erfassung des gemeinsamen Variierens der vertikalen Windkomponente *w* und einer skalaren Größe *s* (in diesem Fall die Konzentration von CO_2). Das Vorzeichen des resultierenden Flusses F_s ist positiv, wenn der Transport in Richtung Atmosphäre geschieht. Ist er negativ, erfolgt ein zur Oberfläche gerichteter Transport .

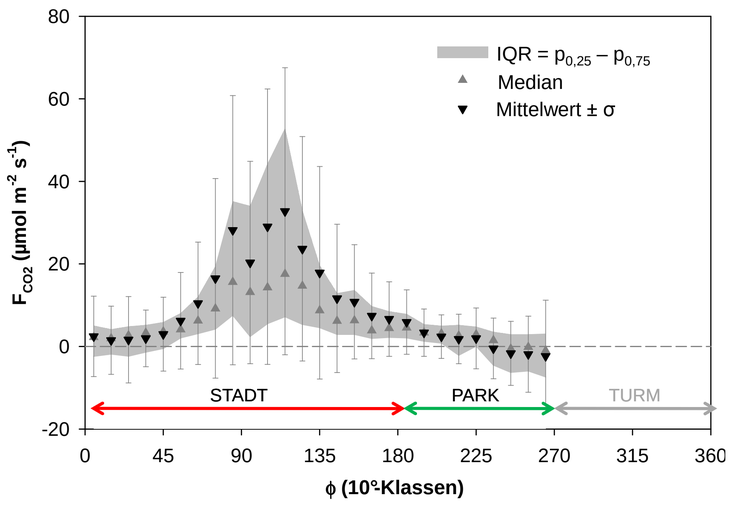

Abb. 4: Mittlerer Fluss von Kohlendioxid (F_{CO2}) in Abhängigkeit von der Windrichtung. Situationen mit Anströmung aus dem Sektor des Turmgebäudes wurden von der Auswertung ausgeschlossen, da in diesem „Turmschatten" nicht von einer unbeeinflussten Turbulenz ausgegangen werden kann.

Abb. 1: Luftaufnahme des Untersuchungsgebietes in Essen mit dem Messstandort (Kreuz). Die weiße Umrandung zeigt die 70 ha große Fläche des Grugaparks.

Ergänzende Modellierungen dieses sogenannten Footprint-Bereiches zeigten, dass die Trennung des Datensatzes in die Sektoren STADT (Windrichtung 0° < ϕ ≤ 180°) und PARK (0° < ϕ ≤ 360°) möglich war.

Ergebnisse

Die räumliche Heterogenität der Untersuchungsfläche spiegelt sich im Austauschverhalten von CO_2 deutlich wider. Die städtisch geprägten Flüsse, insbesondere aus den Siedlungs- und Verkehrsschwerpunkten östlich des Standortes zeigten einen starken in die Atmosphäre gerichteten (positiven) Fluss. Hingegen reichen die mittleren Flussraten aus den Sektoren mit dem höchsten Vegetationsanteil in den negativen Bereich – hier fand über den Messzeitraum eine Netto-Aufnahme von Kohlenstoff durch den Bestand statt (Abb. 4).

Die zeitliche Variabilität bestätigte dieses Muster: Im mittleren Tagesgang (Abb. 5) ist der Austausch von CO_2 über der Parkfläche deutlich vegetationsdominiert. Während des Tages zeigten sich negative, zur Oberfläche gerichtete Flüsse, wohingegen nachts die CO_2-Emission der Fläche durch respiratorische Prozesse gesteuert ist.

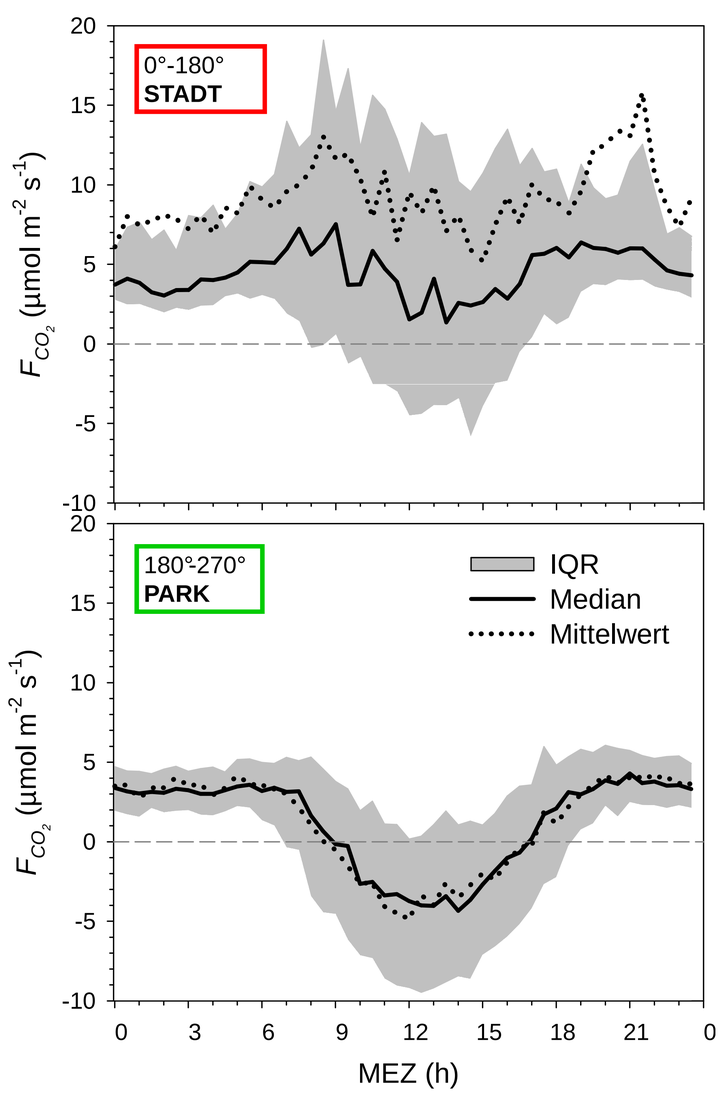

Abb. 5: Mittlere Tagesgänge von F_{CO2} bei Anströmung aus dem STADT-Sektor (oben) bzw. aus dem PARK-Sektor (unten)

Abb. 2: Aussichtsturm im Grugapark, Essen; Messaufbau mit NDIR-CO_2/H_2O Analysator (1) und Ultraschall-anemometer (2) in 26m Höhe über Grund.

Der diurnale Verlauf der Flüsse aus dem STADT-Sektor ist demgegenüber durch anthropogene Emissionen aus dem Kfz-Verkehr sowie der Heizaktivität geprägt. Allerdings zeigte sich im Sommer auch der Einfluss der städtischen Vegetation (Gärten, Straßenbegleitgrün), welche für eine Verschiebung des positiven Flusses während der Tagstunden in Richtung der Nulllinie sorgte.

Die durch den methodischen Ansatz und messtechnische Prinzipien entstandenen Lücken im Datensatz wurden im Rahmen dieser Arbeit unter Einsatz von Künstlichen Neuronalen Netzen (RBF-KNN) rekonstruiert, was die Berechnung von Summen des Gesamt-CO_2-Transportes zuließ. Die unterschiedliche Steigungsraten der Akkumulation (Abb. 6) mit erhöhten Emissionen während des Winters und stagnierenden, z.T. rückläufigen Phasen im Sommer unterstreicht die wechselnde CO_2-Dynamik im Jahresgang.

Trotz Einfluss der Parkfläche ist der betrachtete Ausschnitt des Stadtgebietes von Essen eine deutliche Kohlendioxidquelle. Insgesamt betrug die Emission der Fläche ca. 6 kg CO_2 pro Quadratmeter und Jahr.

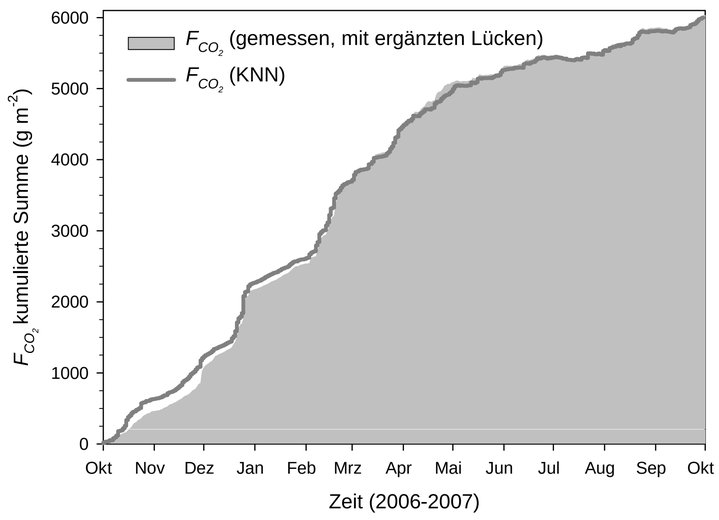

Abb. 6: Kumulierte Tagessummen des CO_2-Transportes für den Zeitraum von genau einem Jahr (Oktober 2006 bis Oktober 2007)

Literatur

Kordowski, K.; K uttler, W. (2010). *Carbon dioxide fluxes over an urban park area* **Atmospheric Environment,** im Druck. doi:10.1016/j.atmosenv.2010.04.039.

Weber, S.; Kordowski, K. (2010). *Comparison of atmospheric turbulence characteristics and turbulent fluxes from two urban sites in Essen, Germany.* **Theoretical and Applied Climatology**, im Druck. doi: 10.1007/s00704-009-0240-8.

Kordowski, K. (2009). *Turbulenter Austausch von Kohlendioxid in der urbanen Grenzschicht über einer Parkfläche.* **Essener Ökologische Schriften**, Band29. Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben, 178 S.

Dr. rer. nat. **Klaus Kordowski**

- geboren 1978 in Herten, Westf.
- 1999 - 2005 integrierter Studiengang Ökologie an der Universität Duisburg-Essen
- seit 2005 dort wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie
- 2009 Promotion zum Dr. rer. nat. durch die Fakultät Biologie und Geographie