

Mobile Messungen der bodennahen CO₂-Konzentrationen in zwei unterschiedlich reliefierten Städten in Nordrhein-Westfalen

Dominika Ptak, Wilhelm Kuttler
dominika.ptak@uni-due.de

1. Problemstellung

Die Verdichtungsräume und Stadtgebiete zählen aufgrund der verstärkten Nutzung fossiler Energieträger zu den wichtigen CO₂-Quellen. Die bodennahe Verteilung der CO₂-Konzentration ist in Städten von verschiedenen Einflussgrößen wie Verkehr, Bebauungsstruktur, Flächennutzung sowie meteorologischen Bedingungen abhängig. Bisher wurden nur wenige Untersuchungen in urbanen Räumen durchgeführt, die auch den Einfluss des Reliefs auf die bodennahe CO₂-Verteilung untersuchten. Aus diesem Grunde wurde die räumliche Variabilität der CO₂-Konzentrationen in zwei unterschiedlich reliefierten Städten - Münster (Flachland) und Lüdenscheid (Hügelland) - analysiert, die sich zusätzlich durch Größe, Einwohnerzahl und Verkehrsstärke voneinander unterscheiden.

2. Methoden

Die Messungen wurden während des Zeitraums von Juni 2005 bis April 2007 mithilfe des mobilen Messlagers der Universität Duisburg-Essen (Abb. 1) durchgeführt. Die Untersuchungen in beiden Städten wurden auf festgelegten Messrouten durchgeführt, die die repräsentativen Flächennutzungs- und Reliefkriterien berücksichtigen. Neben CO₂ wurden zeitgleich andere Luftinhaltsstoffe, wie CO, NO_x und O₃ sowie die meteorologischen Größen Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Luftdruck und Global- und UV-Strahlung erfasst, um mögliche Einflüsse dieser Größen auf die CO₂-Immissionen nachweisen zu können. Die Messsignale wurden mit einer Abtastrate von 1 Hz aufgezeichnet. Die Messfahrten wurden während austauschärmer Wetterlagen vorgenommen und zum Nachweis tageszeitlicher Abhängigkeiten von 1 bis 4 Uhr und von 11 bis 14 Uhr durchgeführt. Die städtischen CO₂-Konzentrationen wurden mit den an einer Umlandstation gemessenen Daten verglichen. Zusätzlich wurden 24-Stunden-Standmessungen vorgenommen, um an ausgesuchten Standorten repräsentative Tagesgänge der CO₂-Konzentration zu ermitteln.

Tab. 1: Mittlere CO₂-Konzentrationen einschl. Standardabweichung in ppm ($n_{\text{Münster}} = 10$, $n_{\text{Lüdenscheid}} = 8$) in Münster und Lüdenscheid

	\bar{x} Münster (σ)	\bar{x} Lüdenscheid (σ)
Sommer - Tag	367 (13)	372 (13)
Sommer - Nacht	410 (14)	417 (43)
Herbst - Tag	384 (14)	384 (15)
Herbst - Nacht	442 (20)	426 (26)
Winter - Tag	450 (14)	497 (22)
Winter - Nacht	430 (12)	426 (28)
Frühling - Tag	395 (26)	397 (14)
Frühling - Nacht	410 (23)	421 (18)

3. Ergebnisse

Saisonale/diurnale Unterschiede:

Im Winter wurden die höchsten CO₂-Konzentrationen während des Tages gemessen, was auf einer verringerten Pflanzenaktivität, vorherrschende Temperaturinversion sowie erhöhte CO₂-Emissionen durch Hausbrand und Kfz-Verkehr zurückzuführen sein dürfte (Tab. 1).

Im Sommer, Herbst und Frühling wurden am Tag niedrigere Werte gemessen als im Winter. Die CO₂-Aufnahme durch die Vegetation und ein starker turbulenter Austausch verhindern eine bodennahe Ansammlung der Spurenstoffe in der Atmosphäre.

In diesen Jahreszeiten wurden die höchste CO₂-Konzentrationen in der Nacht erfasst (Tab. 1). Dies hängt mit der starken nächtlichen Pflanzen- und Bodenrespiration und den Austauschverhältnissen zusammen, die überwiegend in der Nacht bei stabiler Schichtung zur Erhöhung der CO₂-Konzentrationen führen (MORIWAKI et al., 2006).

Die Tagesgänge der CO₂-Konzentration zeigten an den Verkehrsstandorten zwei Spitzenwerte zu den Stoßzeiten und im Bereich der Fußgängerzonen nur ein CO₂-Peak zum morgendlichen Anlieferungsverkehr (ohne Abb.).



Abb. 1: Mobiles Messlabor der Universität Duisburg-Essen

Abhängigkeiten zur Flächennutzung:

Tagsüber wurden bei allen Messungen die höchsten CO₂-Werte im Stadtzentrum und auf der Autobahn registriert, wo die Intensität des Kfz-Verkehrs erhöht ist (ohne Abb.), während die geringsten CO₂-Konzentrationen aufgrund der photosynthetischen Aktivität der Pflanzen die Grünflächen aufwiesen. In der Nacht treten dagegen saisonale Unterschiede der CO₂-Verteilung auf. Im Sommer wurden aufgrund der respiratorischen Aktivität die höchsten Werte auf den Landwirtschafts- und Waldflächen erfasst (ohne Abb.). Im Winter wurden wegen der vorhandenen Schneedecke und begrenzter Aktivität der Vegetation keine erhöhten Werte für diese Flächen registriert, hier wurden die höchsten CO₂-Konzentrationen in Wohngebieten gemessen, was hauptsächlich auf den CO₂-Ausstoß aus dem Hausbrand und auf sehr stabile Schichtung zurückzuführen sein dürfte.

Abhängigkeiten zur Lufthygiene/Meteorologie:

Die Resultate der Hauptkomponentenanalyse für Münster und Lüdenscheid haben ergeben, dass während des Tages das CO₂ enge Zusammenhänge mit den gemessenen Spurenstoffen aufweist (Abb. 2). In der Nacht dagegen korreliert das CO₂ stark mit den meteorologischen und topographischen Größen.

Ein "urbaner CO₂-Dom" mit von der Innenstadt zum Umland abnehmenden CO₂-Konzentrationen, wie von IDSO et al. (1998) beschrieben, konnte für Münster und Lüdenscheid für beide Messtermine im Winter und für Sommertage nachgewiesen werden. In Sommernächten wurden aufgrund starker Vegetationsaktivität abnehmende Werte vom Umland bis zum Zentrum registriert.

In Lüdenscheid kommt es nachts in den Tallagen zur Akkumulation von Kaltluft und zur Ausbildung von „CO₂-Seen“ (HENNINGER, 2005) (Abb. 3).

Die Wochenendmessung in Lüdenscheid zeigte einen Einfluss des Freizeitverkehrs auf die CO₂-Verteilung (vgl. ENOCH, 1977; HENNINGER, 2005).

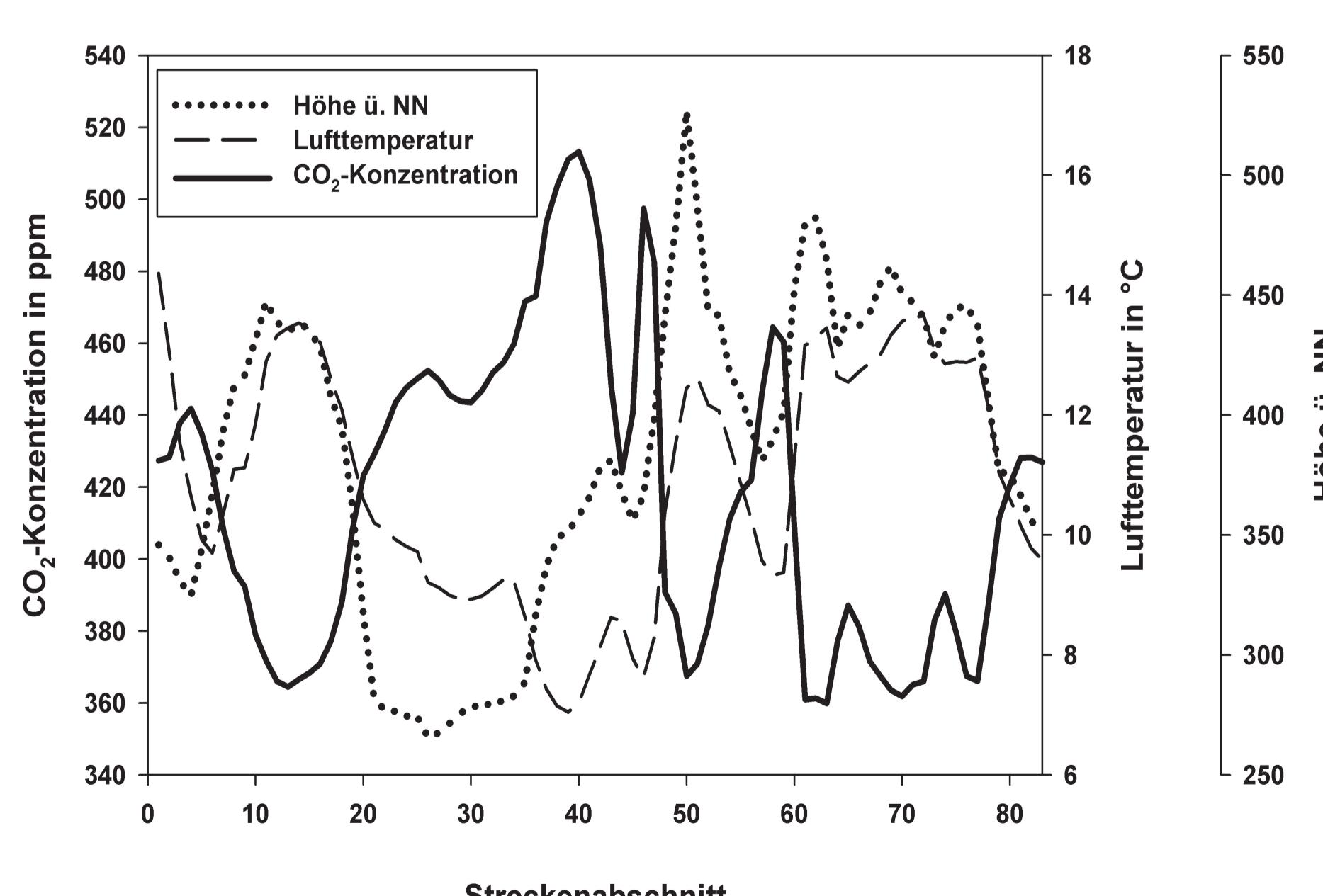


Abb. 3: CO₂-Konzentration, Lufttemperatur und Höhe ü. NN während einer Nachtmessung am 15.06.05 in Lüdenscheid

4. Zusammenfassung

Die Messungen haben in beiden Städten gezeigt, dass die CO₂-Verteilung in erheblichem Maße von Flächennutzung und Verkehr abhängt. Zu jeder Jahreszeit weisen das Stadtzentrum und die Autobahn tagsüber die höchsten CO₂-Konzentrationen auf. Nachts hingegen wurden die höchsten CO₂-Konzentrationen über Grünflächen (Sommer) und innerhalb der Wohngebiete (Winter) gemessen. Die CO₂-Konzentration weist tagsüber starke Zusammenhänge mit den Luftinhaltstoffen, nachts dagegen eher Abhängigkeiten zu den durch das Relief gesteuerten meteorologischen Größen auf. In der Nacht weist das CO₂ in Münster einen schwachen Zusammenhang mit der Höhe und in Lüdenscheid einen starken Zusammenhang mit der Höhe auf. Zusätzlich begünstigt die Reliefstruktur in Lüdenscheid die Akkumulation von CO₂ in den Tälern. Es bleibt festzustellen, dass in beiden Städten die räumliche CO₂-Verteilung durch Flächennutzung, stadspezifische Emissionsquellen sowie durch das Relief bedingte Austauschverhältnisse beeinflusst wird.

5. Literatur

- ENOCH, H.Z., 1977: Diurnal and seasonal variations in carbon dioxide concentration of lower atmosphere in the coastal plain of Israel. In: Agricultural Meteorology, 18, 373-385.
- HENNINGER, S., 2005: Analyse der Atmosphärischen CO₂-Konzentrationen am Beispiel der Stadt Essen. Essener Ökologische Schriften, 23, Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben, 192 S.
- IDSO, C.D., IDSO, S.B., BALLING, R.C., 1998: The urban CO₂ dome in Phoenix, Arizona. In: Physical Geography, 19 (2), S. 95-108.
- MORIWAKI, R., KANDA, M., NITTA, H., 2006: Carbon dioxide build-up within a suburban canopy layer in winter night. In: Atmospheric Environment, 40, 1394-1407.