

Mobile CO₂-Messungen innerhalb der suburbanen/urbanen Grenzschicht der Stadt Essen

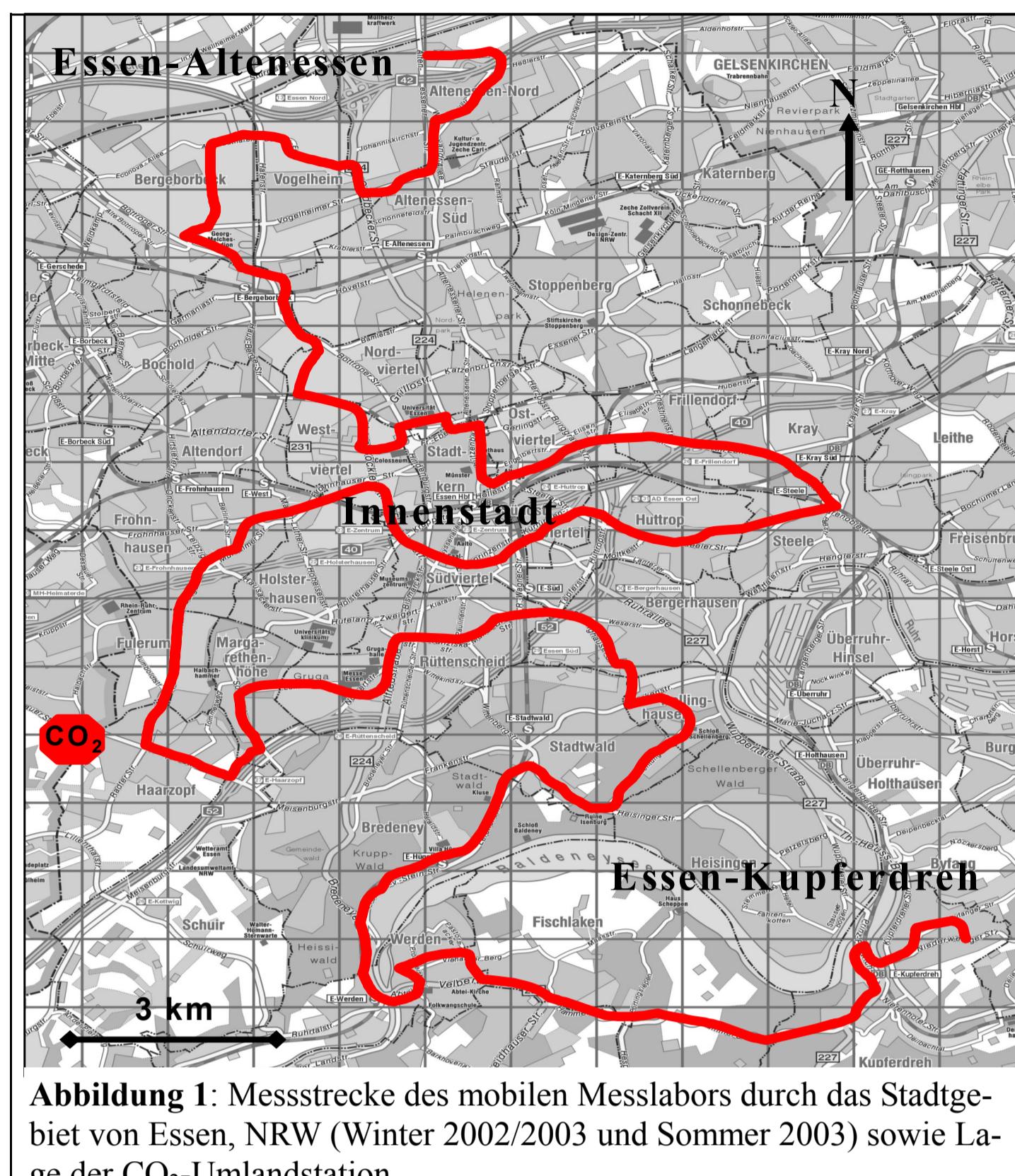
S. Henninger* und W. Kuttler
Abt. Angewandte Klimatologie
Universität Duisburg-Essen, Campus Essen

ZIELSETZUNG

Ziel dieser Arbeit war es, eine raum-zeitlich hoch aufgelöste Untersuchung in einem vorwiegend urban geprägten Raum vorzunehmen, um die bodennahen CO₂-Konzentrationen innerhalb und außerhalb eines Stadtkörpers zu ermitteln. Mithilfe mobil durchgeföhrter Messungen sollte nachgewiesen werden, in welcher Abhängigkeit das Verteilungsmuster des bodennahen CO₂ von räumlich variierenden Flächennutzungstypen und dem saisonalen Verlauf auftritt.

UNTERSUCHUNGSGEBIET/ MESSMETHODIK

- Die Messungen erfolgten in der Stadt Essen (Nordrhein-Westfalen; 58.000 Einw., Stand 2004; A = 210 km²).
- Die Messfahrten verliefen über eine Gesamtstrecke von 63 Kilometern, annähernd von Süd nach Nord durch das Stadtgebiet, wobei entlang der Route repräsentative urbane und rurale Flächennutzungstypen berücksichtigt wurden.
- Die Messungen erfolgten mit dem mobilen Messlabor der Abteilung Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie der Universität Duisburg-Essen, Campus Essen.
- Zeitgleich wurden die lufthygienischen Komponenten CO₂, CO, NO, NO₂, O₃ (1,50 m ü. Gr.), die meteorologischen Größen Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit (2 m ü. Gr.) sowie Globalstrahlung (3,50 m ü. Gr.) erfasst.



REPRODUZIERBARKEIT DER DATEN

Mithilfe verschiedener statistischer Methoden wurde die Reproduzierbarkeit der Messfahrten überprüft und wird in Abbildung 2 exemplarisch anhand der Daten für die Sommermonate – jeweils auf die Messzeiten bezogen – dargestellt.

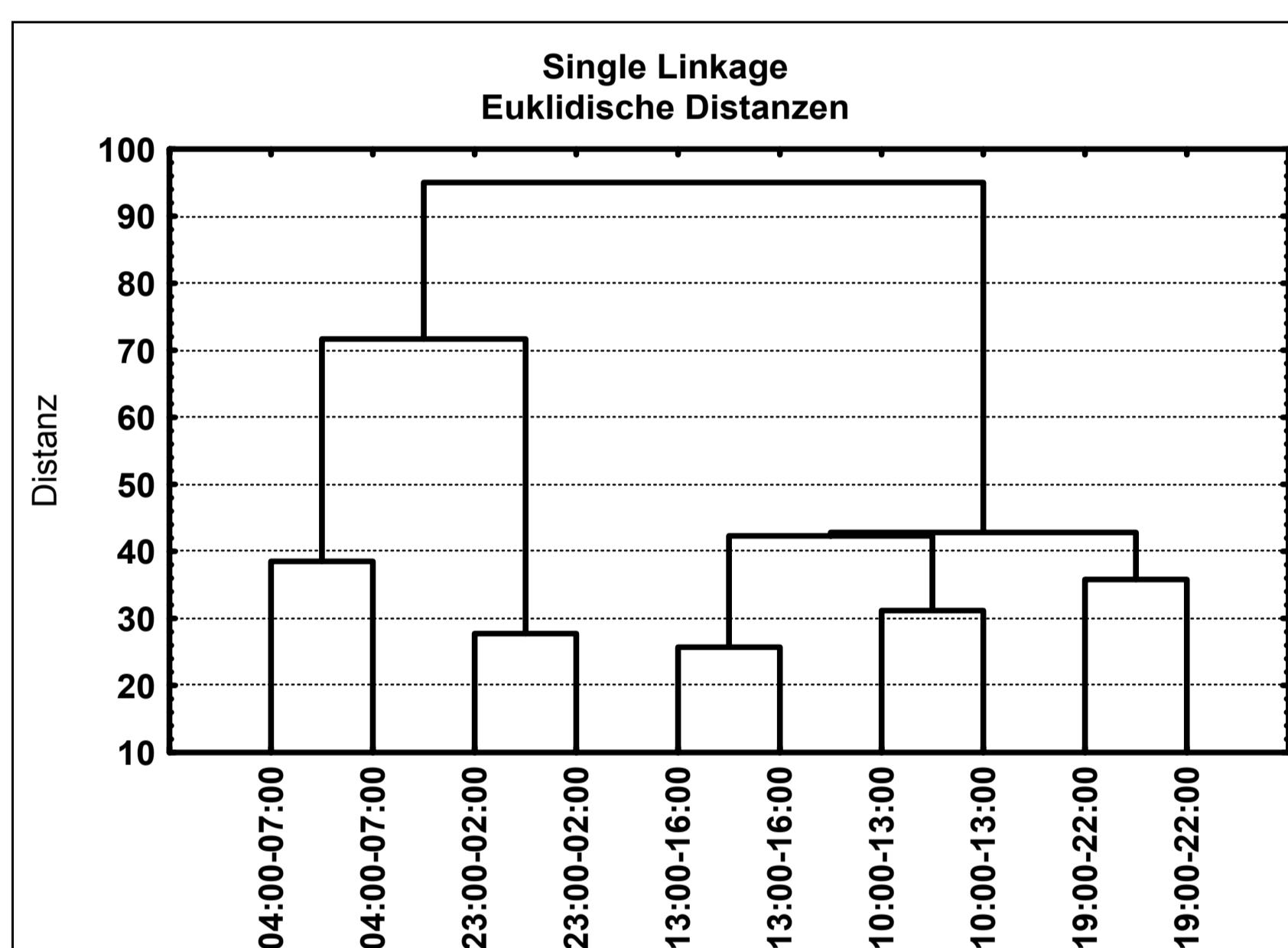


Abbildung 2: Clusterdiagramm der durchgeföhrten CO₂-Messfahrten im Stadtgebiet von Essen, NRW (Sommer 2003; n = 10).

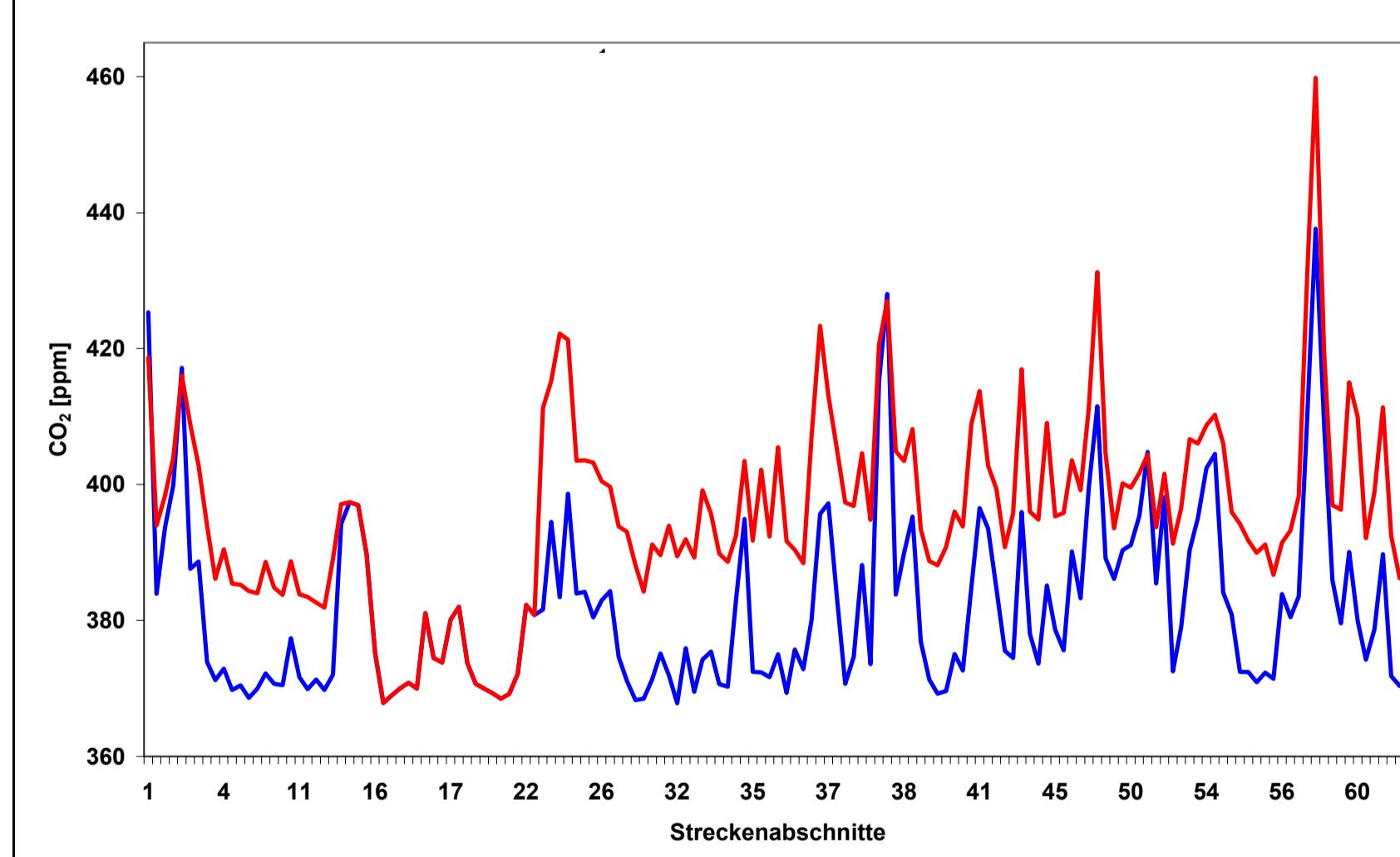


Abbildung 3: CO₂-Konzentrationsprofile ($R^2 = 0,83$) für zwei Tage mit unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten während gleicher Messzeiten (10.00-13.00 Uhr; Sommer 2003); rote Kurve = $v < 1,5 \text{ m s}^{-1}$; blaue Kurve = $v > 1,5 \text{ m s}^{-1}$.

Profilmessfahrten, die zu gleicher Messzeit erfolgten, ergaben keine signifikanten Unterschiede ($\alpha > 0,5$), während Messfahrten verschiedener Zeitabschnitte sich signifikant ($\alpha < 0,05$) bzw. hoch signifikant unterschieden ($\alpha < 0,01$). Dieses Ergebnis konnte sowohl für die Sommer- als auch für die hier nicht dargestellten Wintermonate nachgewiesen werden. Unterschiedlich hohe Windgeschwindigkeiten haben offensichtlich nur Auswirkungen auf die Höhe der urbanen CO₂-Konzentration, nicht jedoch auf das räumliche Muster.

SCHLUSSFOLGERUNG

Die Analyse der im Stadtgebiet von Essen mobil erfassten bodennahen CO₂-Konzentrationen ergab, dass...

- ... eine Reproduzierbarkeit der CO₂-Daten gegeben ist,
- ... signifikante räumliche und zeitliche CO₂-Unterschiede auftreten, die von der Flächennutzung sowie der Tages- und Jahreszeit abhängen,
- ... die „Stadtwerte“ im Mittel höher sind als die „Umlandwerte“ und
- ... die dargestellte Methode zur Auswahl repräsentativer Standorte für weitere Messungen (z.B. Flussdichtemessungen) geeignet ist.

SAISONALE VARIATIONEN DER URBANEN CO₂-MISCHUNGSVERHÄLTNISSE

Für den Sommer-/Wintervergleich zeigen sich folgende Ergebnisse: Trotz des in der Stadt permanenten anthropogenen Einflusses lassen sich signifikante Konzentrationsunterschiede zwischen Sommer und Winter feststellen. In Abbildung 4 sind sowohl der CO₂-Konzentrationsverlauf der Wintermonate (blaue Kurve) als auch jener für die Sommermonate (rote Kurve) entlang der Messstrecke aufgetragen.

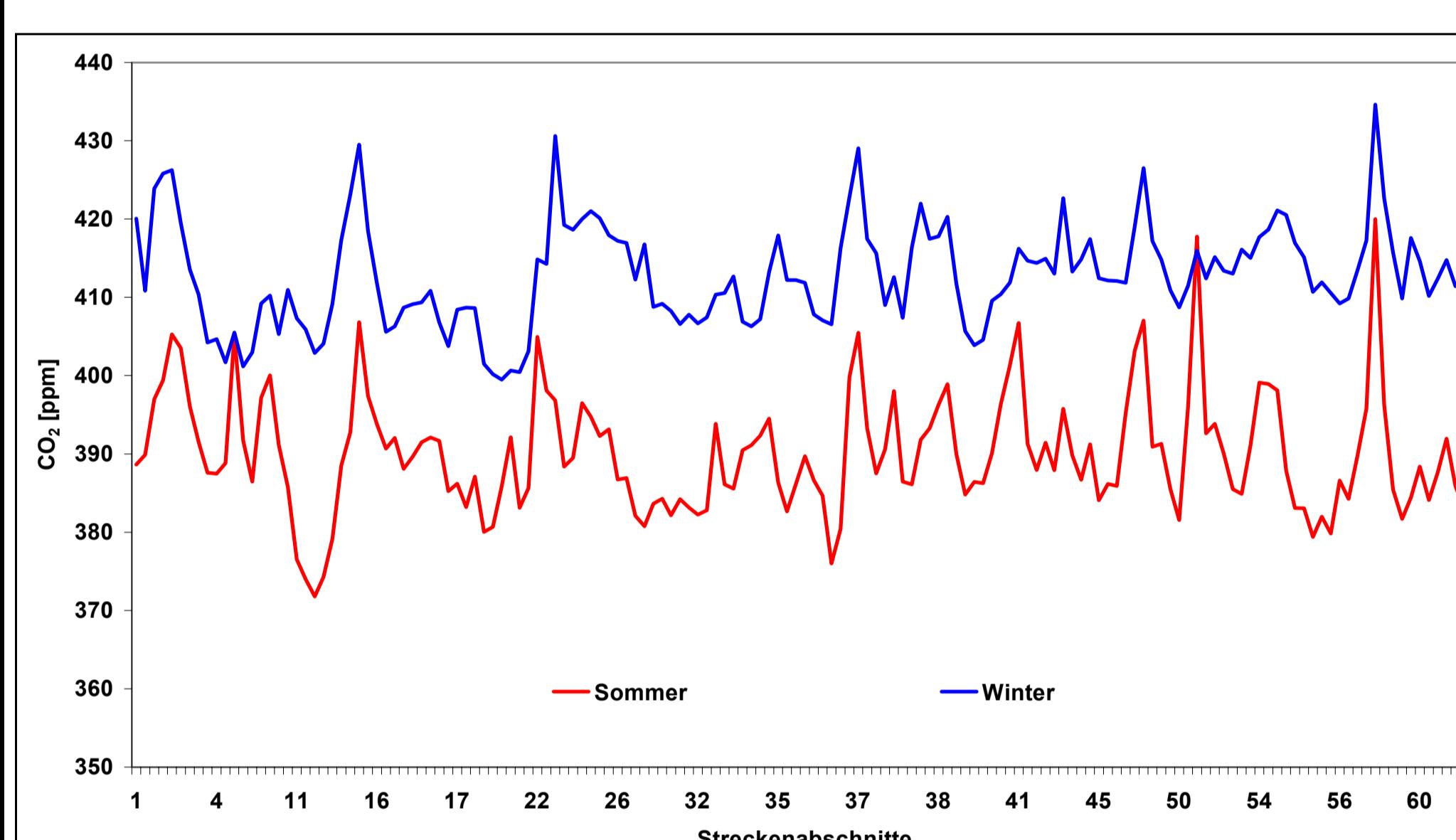


Abbildung 4: CO₂-Konzentrationsprofile auf der Basis von 20 Messfahrten durch das Stadtgebiet von Essen, NRW für Sommer (2003; rote Kurve) und Winter (2002/2003; blaue Kurve).

Die beiden Konzentrationsprofile spiegeln die hohe räumliche Variabilität des Kohlendioxids entlang der Messstrecke wider.

Das erhöhte CO₂-Volumenmischungsverhältnis im Winter ist von mehreren Einflussfaktoren abhängig:

- zusätzliche CO₂-Emissionen durch den gestiegenen privaten Hausbrand,
- erhöhter Benzinverbrauch durch den Kfz-Verkehr (u.a. durch Kaltstart),
- reduzierte pflanzliche Aktivität; geringere Fotosyntheseleistung; leicht erhöhter Anteil der Bodenatmung.

VERGLEICH DER FLÄCHENNUTZUNGSTYPEN

Eine Analyse der CO₂-Konzentrationen nach Flächennutzungstypen in Abhängigkeit von der Jahreszeit ergab jeweils höhere CO₂-Mittelwerte während der Wintermonate (Abb.5).

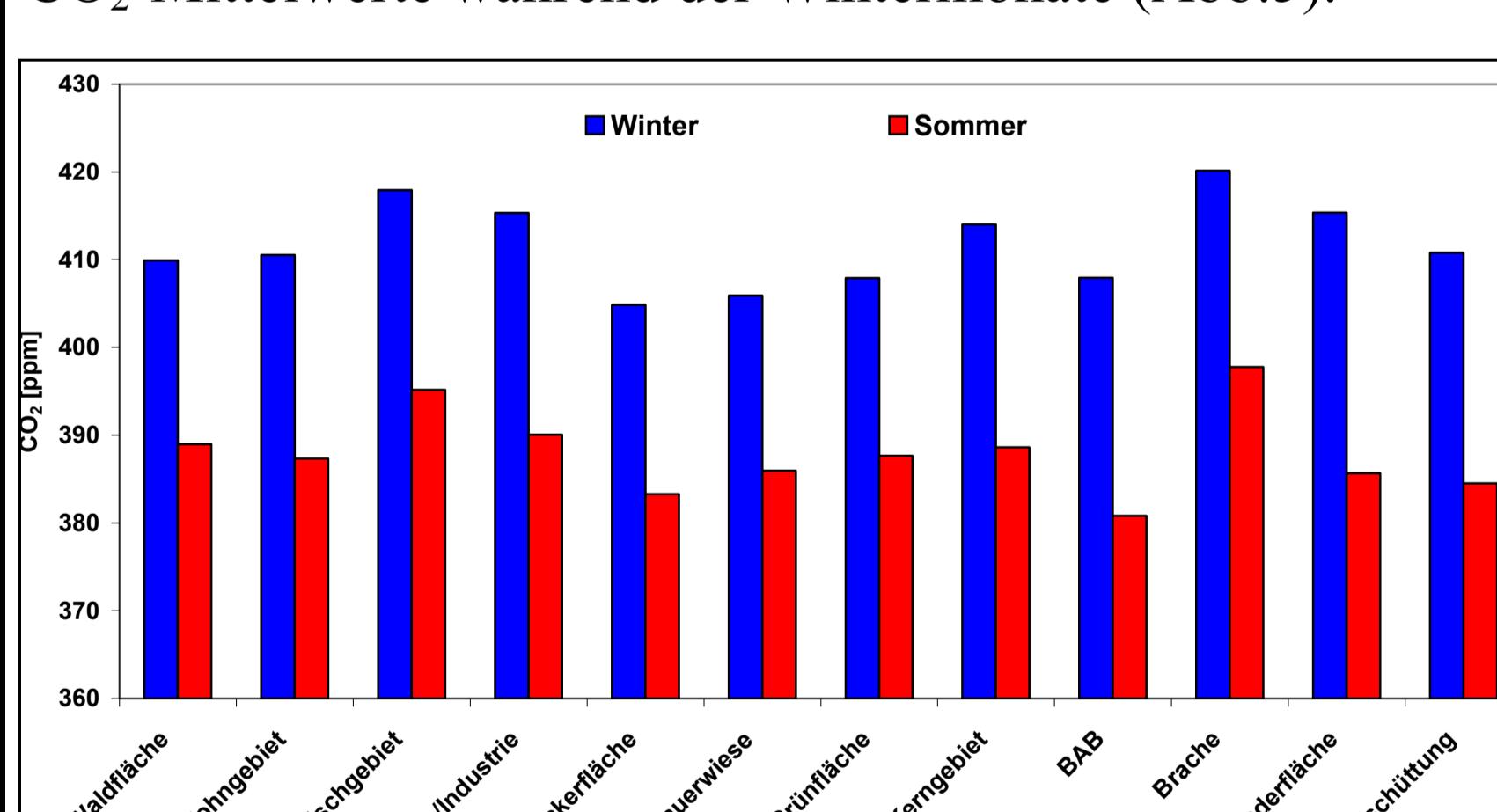


Abbildung 5: CO₂-Mittelwerte in Abhängigkeit vom jeweiligen Flächennutzungstyp entlang der Messstrecke im Stadtgebiet von Essen, NRW.

Differenziert man allerdings zwischen Tag- und Nachtstunden, dann zeigt sich, dass sich während der Sommernächte auf Flächennutzungen mit hohem Grünflächenanteil ein höheres CO₂-Volumenmischungsverhältnis einstellt, als dies in den Winternächten der Fall ist (Abb.6).

Generell kann nicht die Aussage getroffen werden, dass die bodennahen urbanen CO₂-Konzentrationen immer höhere Werte annehmen. Der Vergleich der CO₂-Mittelwerte für die einzelnen Flächennutzungstypen verdeutlicht die hohe räumliche Variabilität des urbanen CO₂ und weist den innerstädtischen Grünflächen des Nachts, unabhängig von den atmosphärischen Schichtungsverhältnissen, leicht höhere Werte zu.

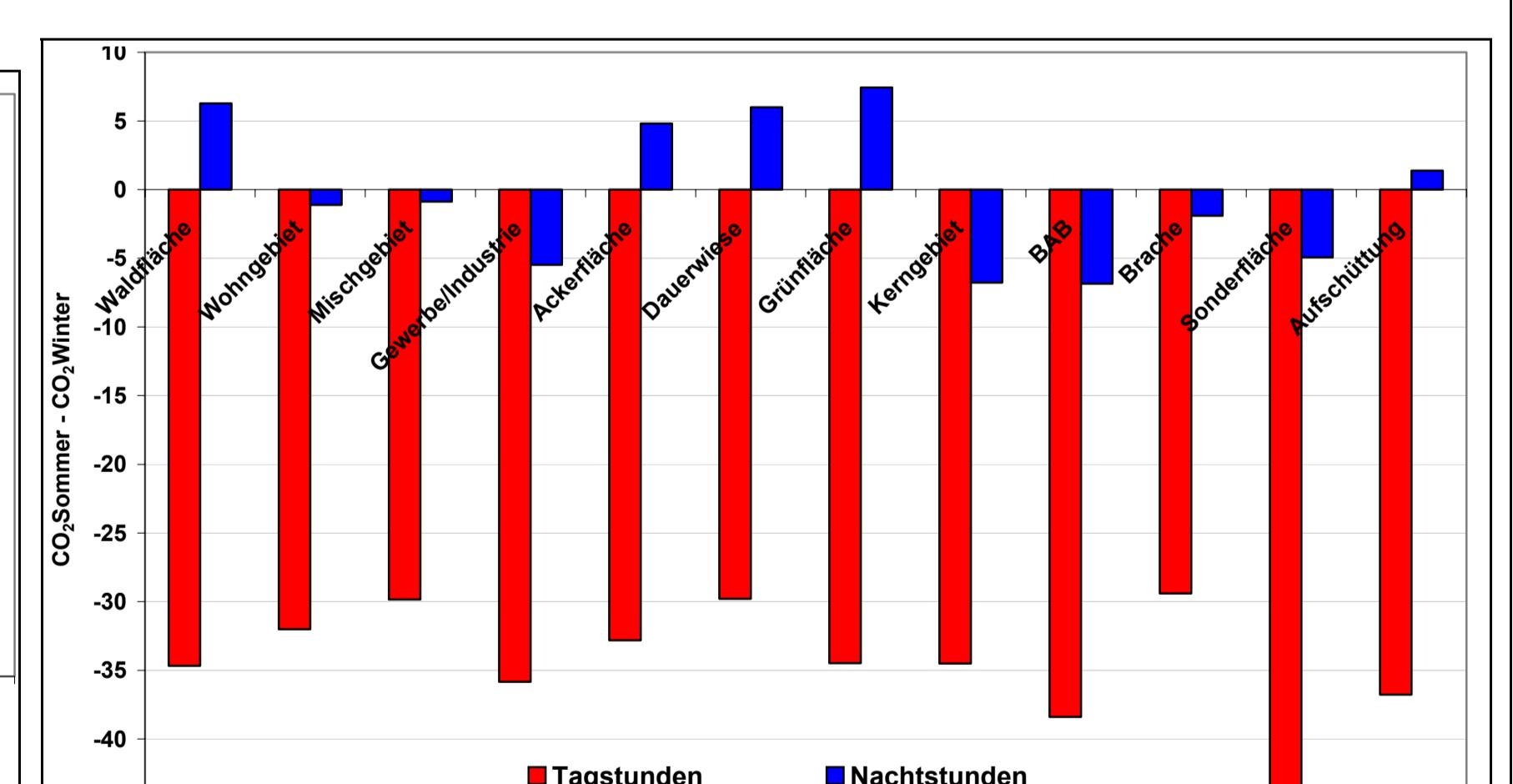


Abbildung 6: Differenz ΔCO_2 Sommer-Winter (in ppm) zwischen den jeweiligen Flächennutzungstypen im Stadtgebiet von Essen, NRW, in Abhängigkeit von der Tageszeit.

Literatur

- HENNINGER, S. und W. KUTTLER (2004): Mobile Measurements of carbon dioxide within the urban canopy layer of Essen, Germany. In: Proc. Fifth Symposium of the Urban Environment, 23.-26. August 2004, Vancouver, Kanada, J 12.3.
- KUTTLER, W. und S. HENNINGER: Horizontale CO₂-Profilmessungen in der urban/suburbanen Grenzschicht der Stadt Essen. In: Proc. Deutsch-Österreichisch-Schweizerische Meteorologen-Tagung, 07.-10. September 2004, Karlsruhe, Si. 14.