

Energiebilanz und Kaltluftdynamik einer urbanen Luftleitbahn

Stephan Weber

Abteilung Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie

Universität Duisburg-Essen, Campus Essen

stephan.weber@uni-essen.de

Einleitung / Methodik

In der vorliegenden Arbeit wurde die Fläche des Güterbahnhofes der Stadt Osnabrück mitsamt der ins Umland führenden Gleisanlage hinsichtlich ihrer Eignung als urbane Luftleitbahn, mit Kaltlufttransport aus dem Umland während sommerlicher Strahlungsnächte, untersucht. Während des Messzeitraums (Sommermonate 2001 und 2002) standen vor allem die physikalisch-thermischen sowie strömungsdynamischen Eigenschaften der Luftleitbahn im Vordergrund. Die Energiebilanz der Schotterfläche sowie die Kaltluftdynamik im Bereich der Luftleitbahn wurden mit Intensivmesskampagnen während autochthoner sommerlicher Strahlungsnächte analysiert. Neben stationären klimatologischen Messungen an drei Stationen (z.B. Abb. 1, Abb. 2) kamen Vertikalsondierungen der bodennahen Atmosphäre (Abb. 3), Ausbreitungsuntersuchungen mit dem Tracer Schwefelhexafluorid (SF_6) und lufthygienische Untersuchungen der Kaltluft zum Einsatz. Mit den erhobenen Geländedaten konnte darüber hinaus ein numerisches Kaltluftmodell initialisiert werden.

Ergebnisse

Während aller untersuchten Strahlungsnächte stellten sich östliche bodennahe Windrichtungen ein, die einen Transport von Kaltluft aus dem größtenteils unversiegelten Umland über den Bereich des Güterbahnhofes in Richtung der Innenstadt Osnabrücks gewährleisteten. Das diurnale thermische Verhalten der Schotterfläche wirkt sich dabei äußerst positiv auf den Kaltlufttransport aus. Infolge eines geringen Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten von $\lambda = 0,45 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ kann der Schotter trotz starker Aufheizung während der Tagesstunden am Abend relativ rasch auskühlen. Mit sinkender Oberflächentemperatur stellen sich während der Abendstunden, im Gegensatz zu anderen urbanen Oberflächen, zum Erdboden gerichtete sensible Wärme Flüsse ein, die durch Wärmeentzug der bodennahen Luftschichten zur Bildung lokaler Kaltluft beitragen (Abb. 4).

Hinsichtlich der Energiebilanzmessungen präsentierte sich der Güterbahnhof als sehr komplexer Standort. Vor allem die Bestimmung des Bodenwärmestromes im porösen Schotterbett (Abb. 5) benötigte einen erhöhten methodischen Aufwand. Die Energiebilanzgleichung war während des Untersuchungszeitraumes zu 70 % geschlossen, d. h. die turbulenten Wärme Flüsse Q_H und Q_E sowie der Bodenwärmestrom Q_G konnten 70 % der zur Verfügung stehenden Energie Q^* umsetzen (Abb. 4).

Aufgrund der Traceruntersuchungen konnte ein Transport der Kaltluft entlang der Gleisanlage und eine Ausbreitung der Kaltluft über den Innenstadtbereich Osnabrücks nachgewiesen werden. Die horizontale Reichweite der Kaltluft liegt dabei, gemessen vom Übergangsbereich zwischen Luftleitbahn und Innenstadtbauung, bei $> 1 \text{ km}$. Trotz einer gewissen Variabilität zwischen den unterschiedlichen Messkampagnen waren jeweils zentrale Bereiche der Innenstadt von der Kaltluft abgedeckt (Abb. 6).

Die vertikale Struktur der nächtlichen Grenzschicht des Hasetales ist während Strahlungsnächten zweischichtig aufgebaut. Bodennah lässt sich ein rund 20 bis 30 m mächtiger Kaltluftstrom nachweisen, der konstant aus dem östlichen Umland in Richtung Innenstadt gerichtet ist und teilweise deutlich von der darüber liegenden Schicht abgekoppelt ist. Der Bereich über dem Kaltluftstrom ist von der großräumigeren Topographie von Hasetal bzw. Wiehengebirge und Teutoburger Wald geprägt und mitunter erheblichen Windrichtungsdrehungen unterworfen, die nicht in das Bodenniveau durchgreifen können (Abb. 7).



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3

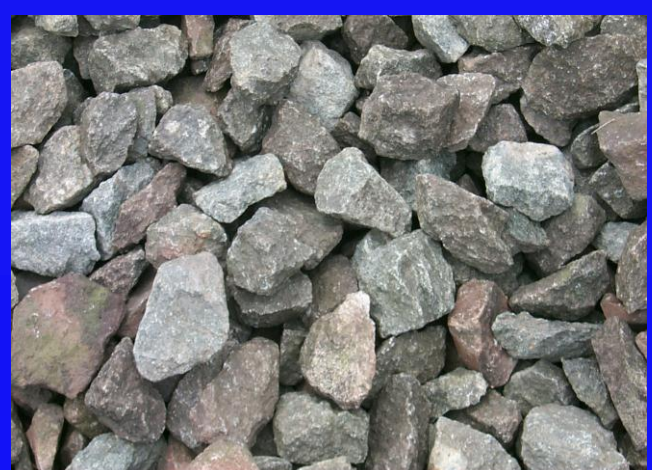


Abb. 5

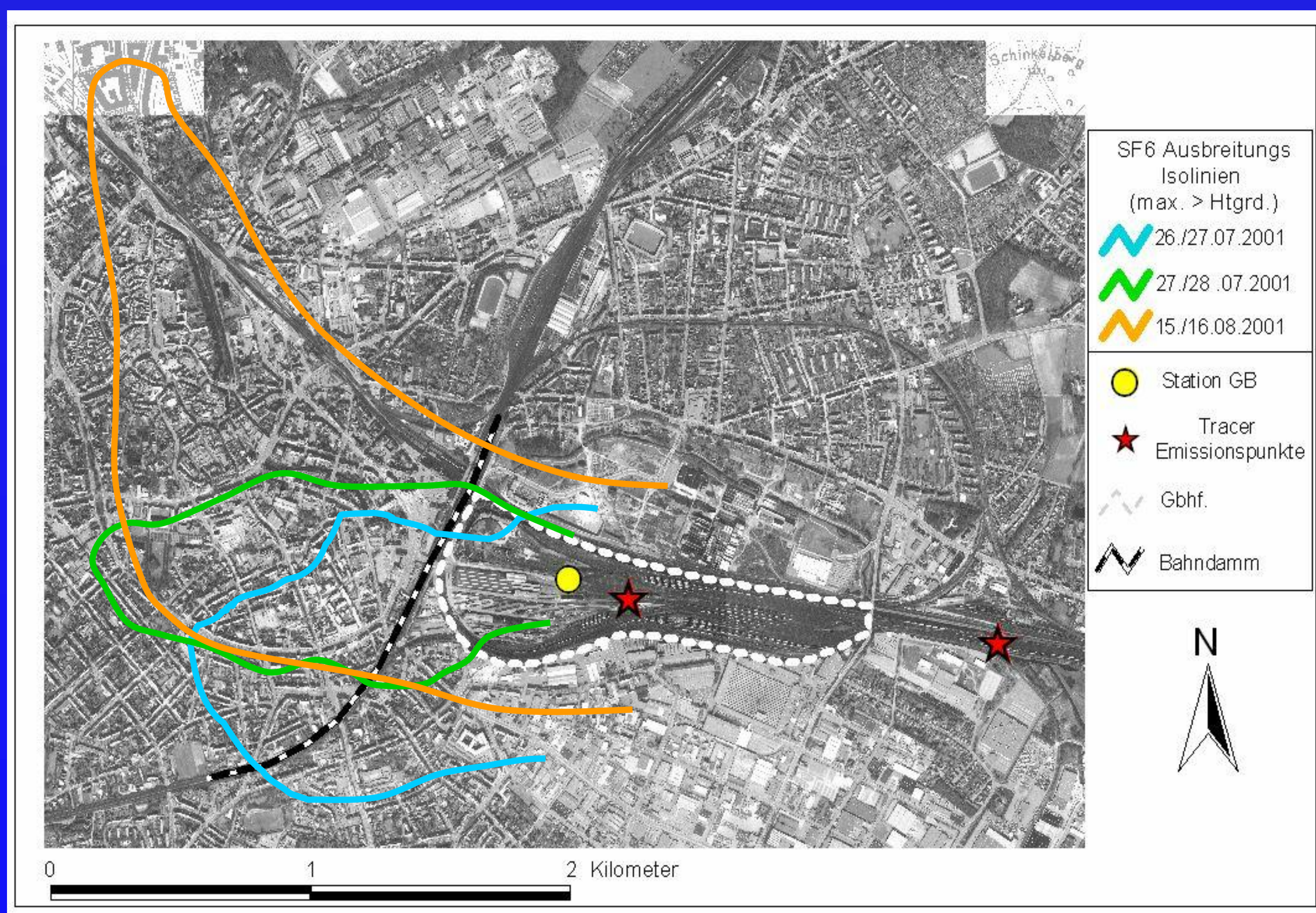


Abb. 6: Eindringtiefe der Kaltluft in den Innenstadtbereich Osnabrücks. Die Ausbreitung des Tracers SF_6 ist durch Isolinien skizziert (diese markieren höhere SF_6 -Konzentrationen im Vergleich zur atmosphärischen Hintergrundkonzentration).

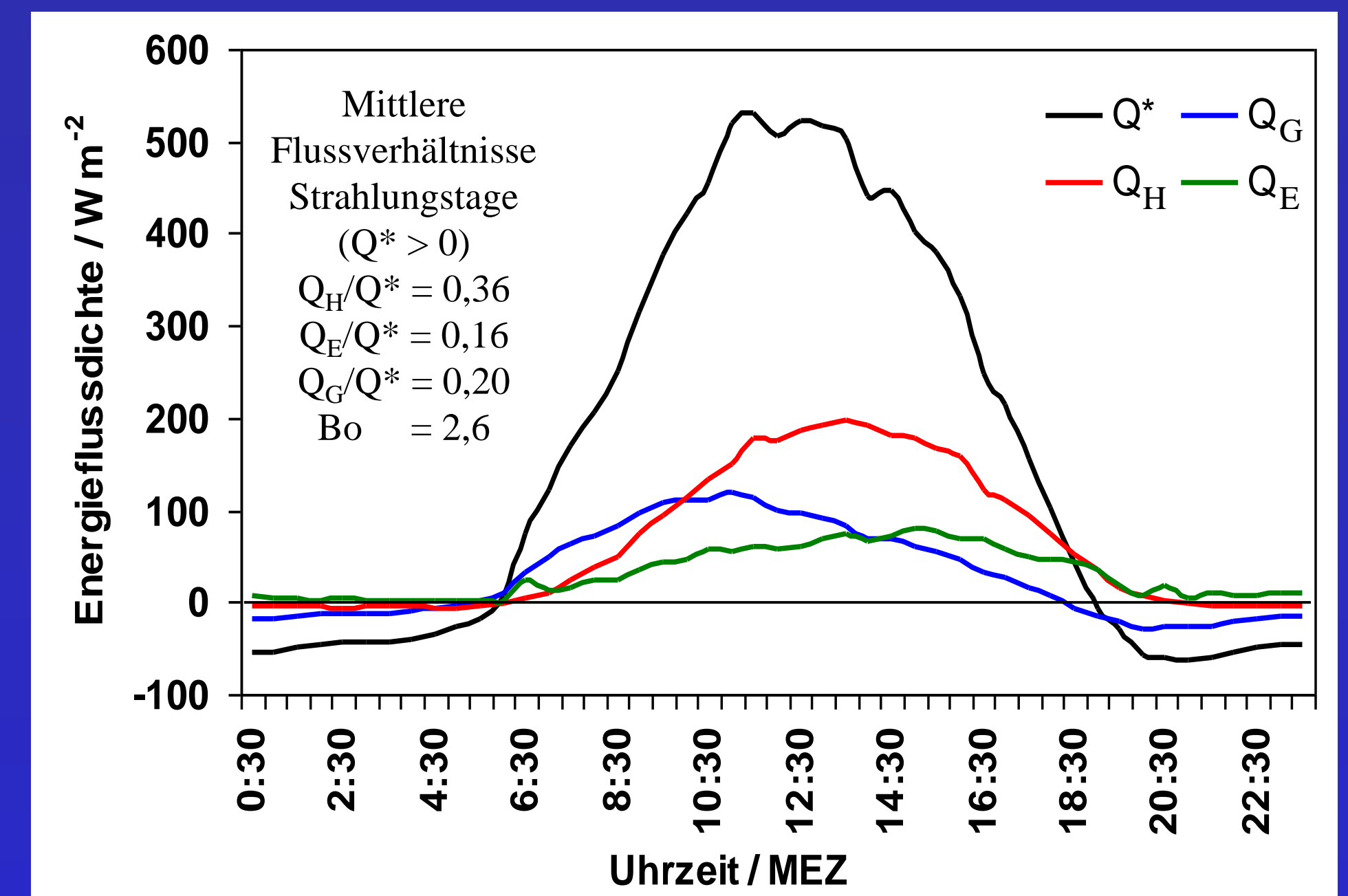


Abb. 4: Mittlere Tagesgänge der Energiebilanzkomponenten während 21 Strahlungstagen im Untersuchungszeitraum vom 12.06. - 13.09.2002 (Güterbahnhof Osnabrück). Gemessen wurden die Strahlungsbilanz (Q^*), der sensible Wärme flux (Q_H), der latente Wärme flux (Q_E) sowie der Bodenwärmestrom (Q_G).

Schlußfolgerungen

- Die Luftleitbahn übt einen klimatischen Einfluss auf die Innenstadt Osnabrücks aus → Eignung als urbane Luftleitbahn konnte nachgewiesen werden

- Gleisanlage zeigt das thermische Verhalten einer urbanen Oberfläche während des Tages → starke Auskühlung während der Nacht → Bildung von lokaler Kaltluft

- Während Strahlungsnächten liegt ein konstanter Kaltlufttransport aus dem Umland in das Innenstadtbereich Osnabrücks vor → Kaltluftausbreitung deckt zentrale Bereiche der Innenstadt ab

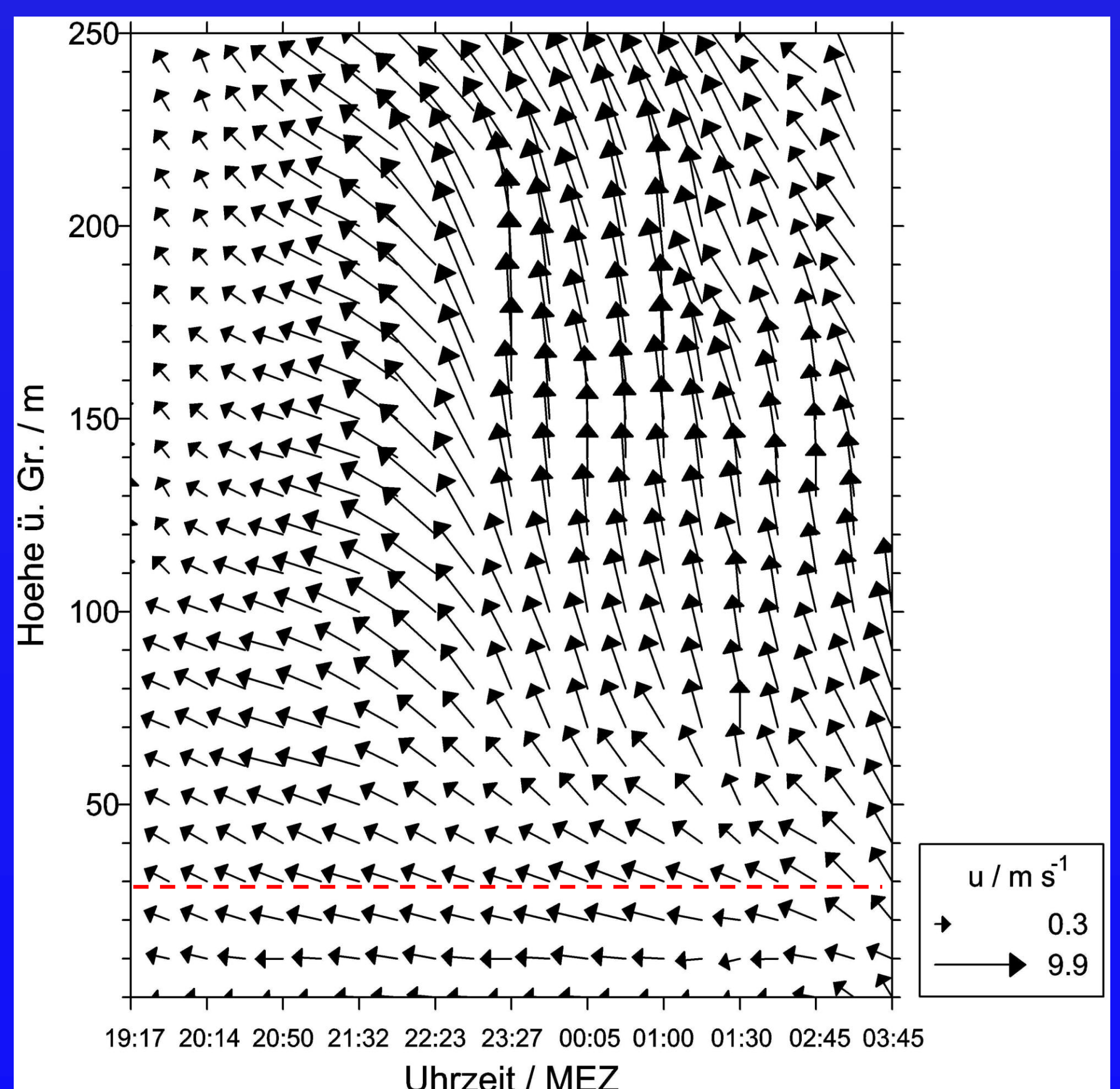


Abb. 7: Vertikalsondierung der bodennahen Atmosphäre am 15./16.08.2001 im Bereich des Güterbahnhofes der Stadt Osnabrück. Die Abbildung stellt Windgeschwindigkeit und Windrichtung über den Nachtverlauf bis zu einer Höhe von 250 m ü. Gr. dar.

Zur Person:

Dr. rer. nat. Stephan Weber

- Geboren am 30.04.1974 in Duisburg

- Studium Diplom-Geographie Ruhr-Universität Bochum

- Diplom-Arbeit am Netherlands Institute of Sea Research, Texel, The Netherlands

- Ab Mai 2001: Wiss. Mitarbeiter in der Abteilung Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie, Universität Duisburg-Essen

- Seit Dez. 2004: Wiss. Assistent in der Abteilung Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie, Universität Duisburg-Essen



Veröffentlichungen im Rahmen dieser Untersuchungen:

Weber, S. und Kuttler, W., 2003. Analyse der nächtlichen Kaltluftdynamik und -qualität einer stadtklimarelevanten Luftleitbahn. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, 63(9): 381-386.

Weber, S. und Kuttler, W., 2004. Cold-air ventilation and the nocturnal boundary layer structure above an urban ballast facet. Meteorologische Zeitschrift, 13(5): 405-412.

Weber, S., 2004. Energiebilanz und Kaltluftdynamik einer urbanen Luftleitbahn. Essener Ökologische Schriften Band 21. Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben, 203 pp.

Weber, S. und Kuttler, W., 2005. Surface energy-balance characteristics of a heterogeneous urban ballast facet. Climate Research, 28:257-266.

Weber, S., 2005. Comparison of in-situ measured ground heat fluxes within a heterogeneous urban ballast layer. Theoretical and Applied climatology: zur Veröffentlichung angenommen.