

Einfluss der Evapotranspiration auf den thermischen Komfort in Stadtgebieten (A4.3.1)

Dipl.-Geogr. A. Goldbach¹, Prof. Dr. W. Kuttler, Dr. D. Dütemeyer, Dr. A.-B. Barlag



Stand: 10/2011

Motivation und Zielstellung

In der Stadtklimatologie spielen im Rahmen der Minderung sommerlicher Wärmebelastung verdunstungsaktive Flächen (wasserversorgte Grünanlagen; Gewässer) eine wichtige Rolle. Sie tragen dazu bei, die thermische Belastung innerhalb des Stadtgebietes zu reduzieren (temperatursenkende Wirkung durch Beschattung, Verdunstung und Kaltluftbildung; vgl. KUTTLER 2010). Da die atmosphärischen Wasserdampftransporte in Abhängigkeit der Flächennutzung, Verfügbarkeit des Boden- bzw. Oberflächenwassers sowie der geographischen Lage höchst variabel sind (NEWTON et al. 2007), ist eine Übertragbarkeit von Ergebnissen einzelner Beobachtungen in andere Regionen jedoch nicht gegeben.

Ziel dieser Untersuchung ist es, repräsentativ für die Städte der dynaklim-Region anhand der Modellstadt Oberhausen (NRW), die Energiebilanz unter besonderer Berücksichtigung der Evapotranspiration zu messen und die Effektivität der Verdunstung in unterschiedlichen Flächennutzungen auf Quartierebene zu quantifizieren, um daraus die humanbiometeorologische Wärmebelastung bzw. -verminderung innerhalb der Stadtgebiete der Projektregion bewerten zu können.

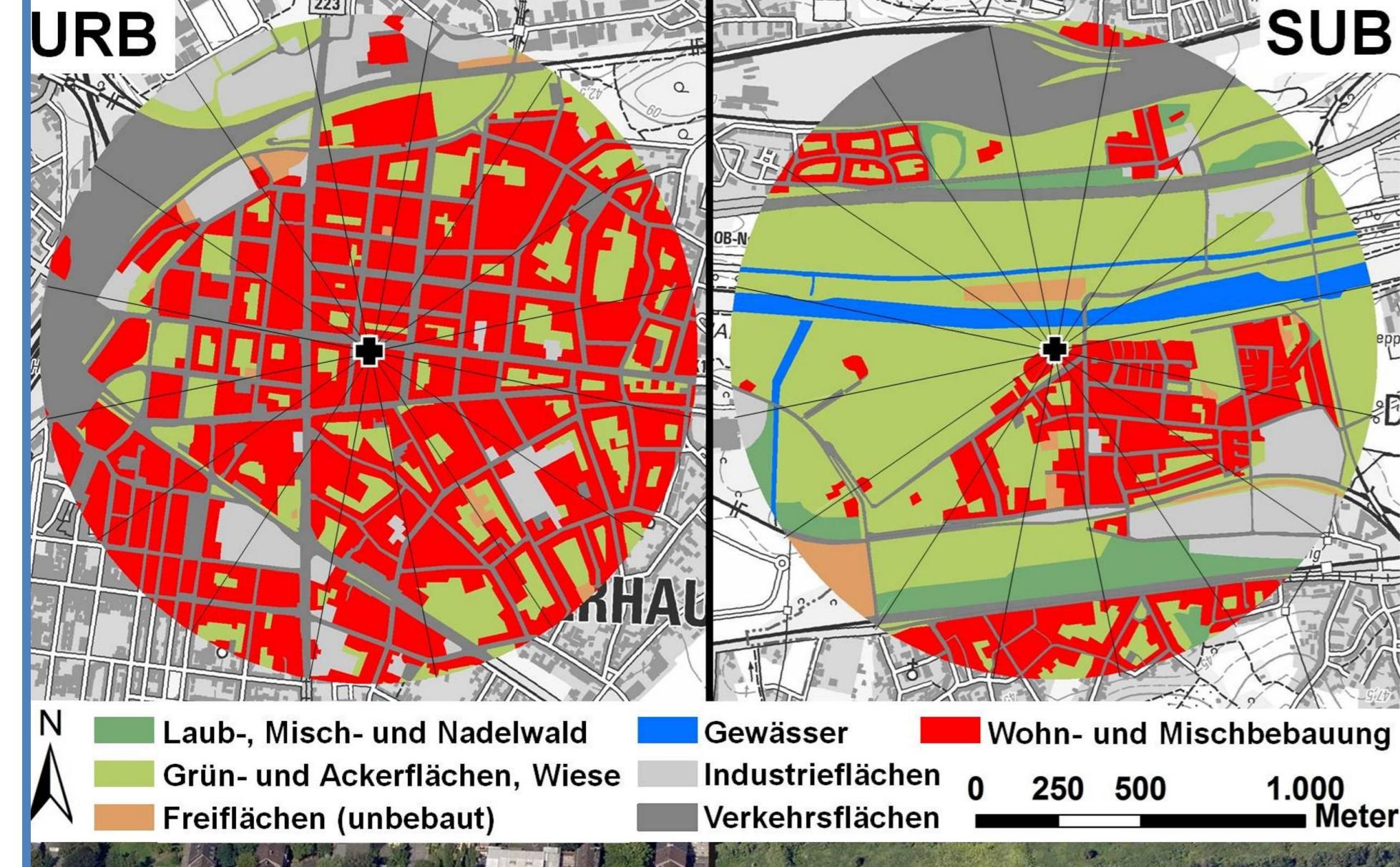


Abb. 1: Flächennutzung innerhalb eines 1.000 m-Radius (oben; Datengrundlage: RVR 1998, verändert), Luftaufnahme des Stationsumfeldes (Mitte) und Messaufbau (unten) im Vergleich für die Innenstadtmessstation (URB, links) und den Umlandstandort (SUB, rechts). Die schwarzen Kreuze markieren die Standorte der Turbulenzmessstationen. Die Pfeile zeigen die Position der Messgeräte: LI-7500 (Li-Cor, Nr. 1), USA-1 (Metek GmbH, Nr. 2), CNR 4 (Kipp & Zonen, Nr. 3)

Messmethodik

Eine mikrometeorologische Messkampagne wurde in Oberhausen zwischen dem 01.08.2010 und 31.07.2011 an zwei Eddy-Kovarianz-Turbulenzmessstationen in unterschiedlichen Flächennutzungsstrukturen durchgeführt (Abb. 1). Dabei steht der hochversiegelten Innenstadtmessstation (URB) ein gewässernaher, verdunstungsaktiver Standort am Stadtrand (SUB) gegenüber. In 30 m ü. Gr. wurden kontinuierlich und hochauflösend (10 Hz) das 3D-Windfeld (USA-1), Wasserdampf- und Kohlendioxidkonzentrationen (LI-7500) sowie die Strahlungsbilanzglieder (CNR 4) gemessen. Aus den Messdaten kann der turbulente Austausch von Wasserdampf sowie die Energiebilanz quantifiziert und hinsichtlich der saisonalen und diurnalen Variabilität untersucht werden.

Literatur:

- CLEUGH, H. A.; BUI, E. N.; SIMON, D. A. P.; MITCHELL, V. G. and XU, J. (2005): The impact of suburban design on water use and microclimate. In ZERGER, A. and ARGENT, R. M. (ed.): MODSIM 2005 International Congress on Modeling and Simulation. Modeling and Simulation Society of Australia and New Zealand, December 2005, pp. 2019 – 2025.
- DUTEMEYER, D. (2000): Urban-geographische Bodenwindsysteme in der städtischen Peripherie Kölns. = Essener Ökologische Schriften, Band 12, Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben. – 171 S.
- KUTTLER, W. (2010): Urbanes Klima, Teil 2. In: Gefahrstoff - Reinhalterung der Luft, Umweltmeteorologie, 70, Nr. 9 - September, S. 378-382.
- NEWTON, T., OKE, T.R., GRIMMOND, C.S.B., ROTH, M. (2007): The suburban energy balance in Miami, Florida. In: Geografiska Annaler: Series A: Physical Geography, Volume 89, Issue 4, pp. 331 – 347.
- RVR - REGIONALVERBAND RUHR (Hrsg.) (1998): Flächennutzungskartierung Ruhrgebiet. Oberhausen.
- SCHMID (1994): Source Areas for Scalars And Scalar Fluxes. In: Boundary-Layer Meteorology 67, pp. 293-318.

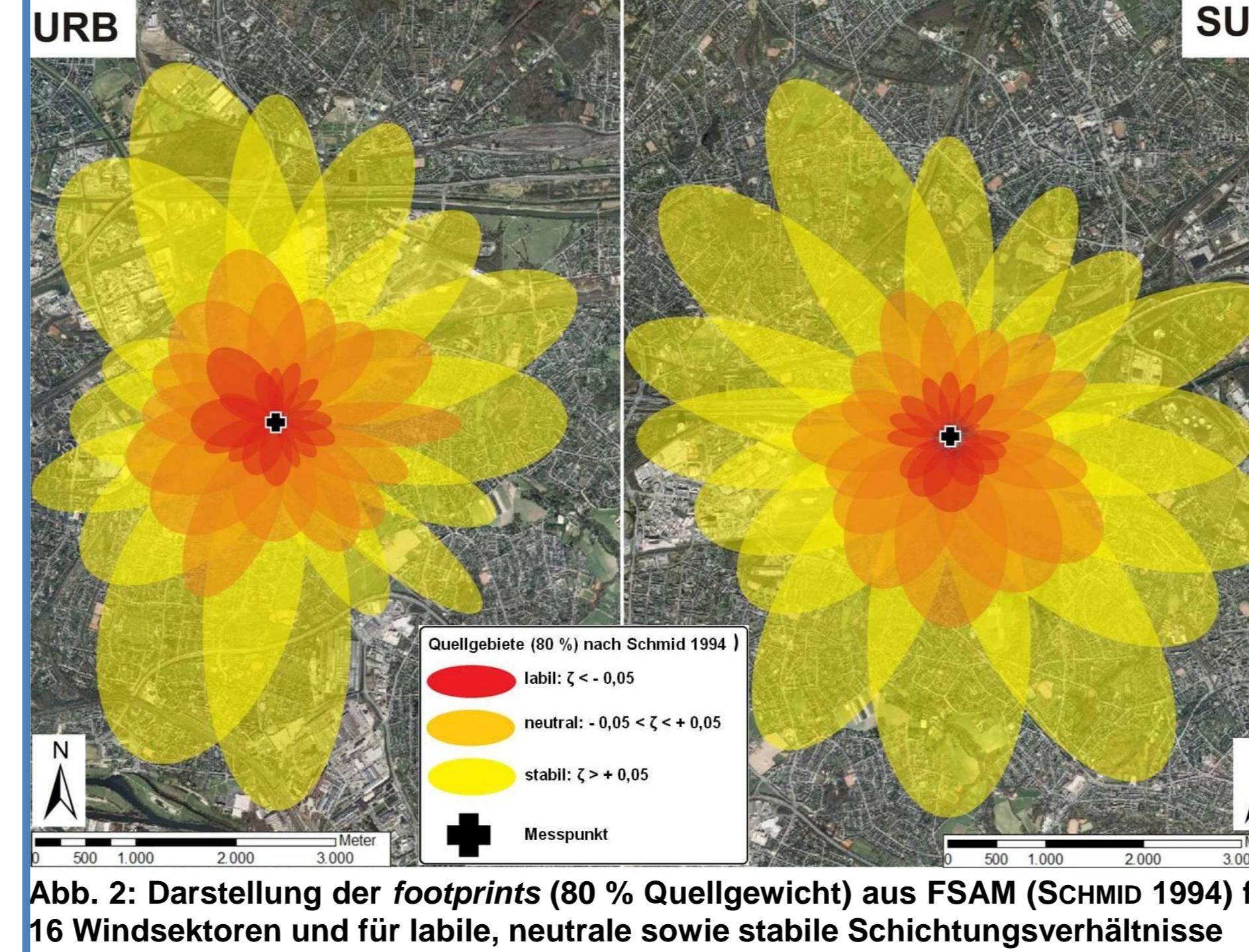


Abb. 2: Darstellung der footprints (80 % Quellgewicht) aus FSAM (SCHMID 1994) für 16 Windsektoren und für labile, neutrale sowie stabile Schichtungsverhältnisse

Ergebnisse

Die mit einem analytischen Modell (FSAM; SCHMID 1994) berechneten footprints stellen die Quellgebiete der am Messstandort registrierten turbulenten Wärmeflussdichten (Q_H , Q_E) für verschiedene atmosphärische Stabilitätszustände dar (Abb. 2). Aus den entsprechenden Quellgebieten stammen 80 % der windrichtungsabhängig gemessenen turbulenten Flüsse. Die Kenntnis des footprints ist erforderlich, um aus Punktmessdaten Flächenaussagen ableiten zu können. Abb. 3 und 4 zeigen die diurnale und saisonale Variabilität der Wärmeflussdichten. An der urbanen Station (URB) werden im Vergleich zur suburbanen (SUB) etwa 20 % höhere sensible (Q_H), jedoch um ca. 90 % verminderte latente (Q_E) Wärmeflussdichten registriert (bezogen auf den maximalen 1-Stundenmittelwert, vgl. Abb. 3).

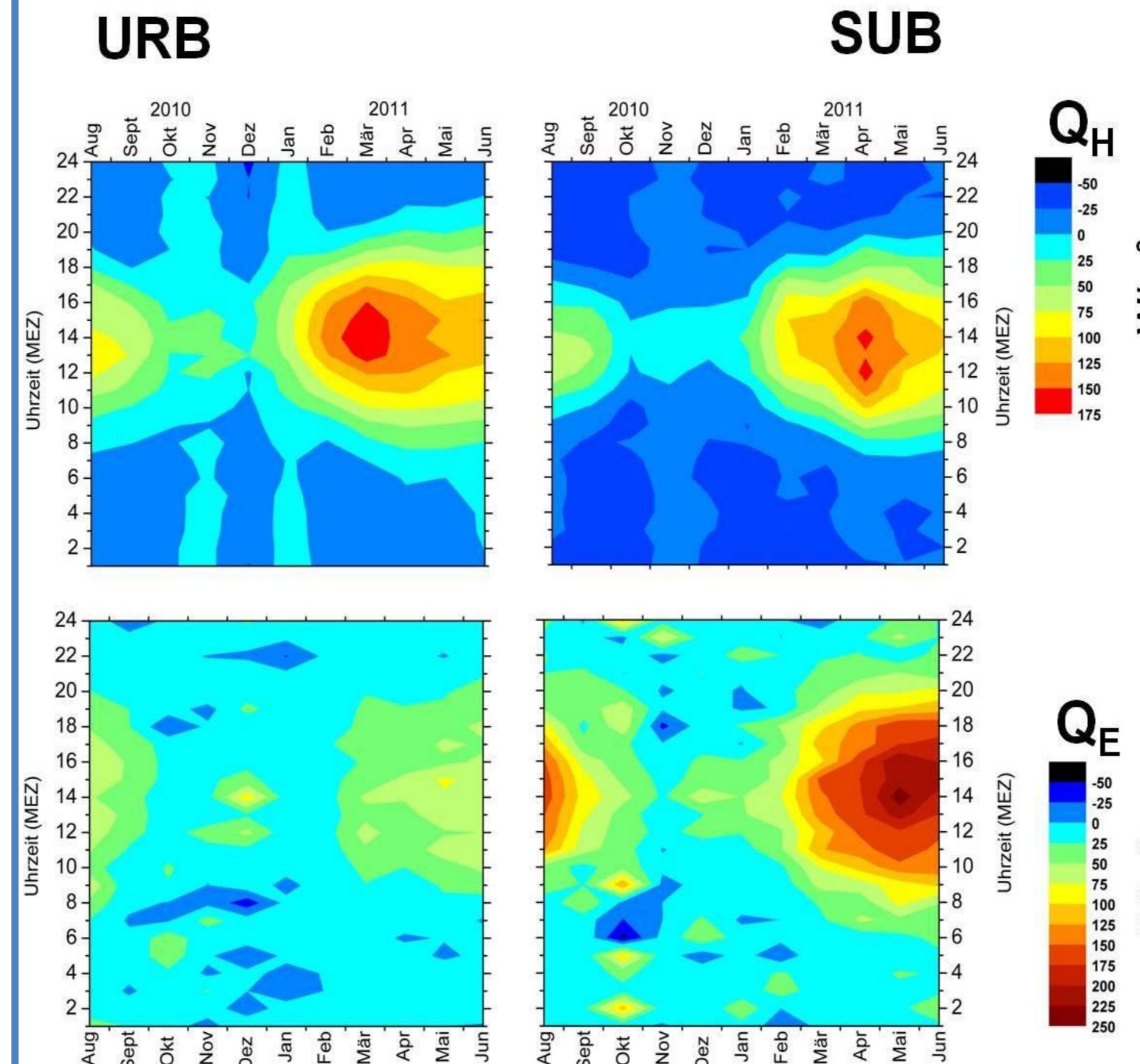


Abb. 3: Diurnaler und saisonaler Verlauf der turbulenten sensiblen (Q_H) und latenten (Q_E) Wärmeflussdichte im Stationsvergleich (URB: links; SUB: rechts) für den 1-jährigen Messzeitraum (01.08.2010 – 31.07.2011)

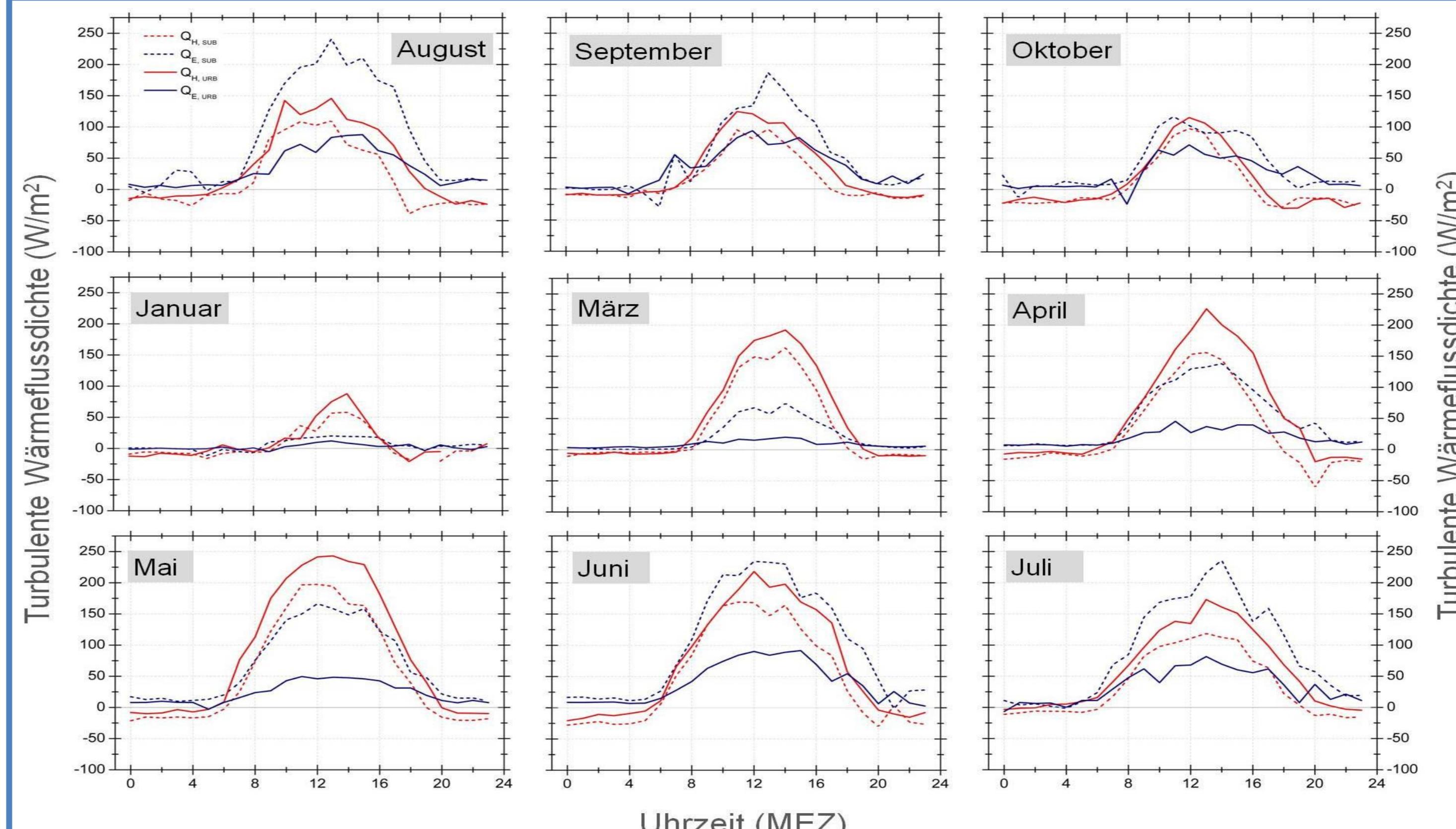


Abb. 4: Mittlerer monatlicher Tagesgang der turbulenten Wärmeflussdichten Q_H und Q_E während Strahlungstagen (ST) im Stationsvergleich. Def. ST nach DUTEMEYER (2000). Datengrundlage: 4 ST im August 2011, 7 ST im September, 3 ST im Oktober, 1 ST im Januar 2011, 12 ST im März, 14 ST im April, 19 ST im Mai, 9 ST im Juni sowie 7 ST im Juli (= 76 ST im Messzeitraum)

Während autochthoner Strahlungswetterlagen, welche durch hohe solare Einstrahlung, geringe Windgeschwindigkeiten sowie durch einen geringen Bewölkungsgrad gekennzeichnet sind, treten die interstationären Unterschiede der turbulenten Wärmeflussdichten noch deutlicher hervor (Abb. 4). Hohe sommerliche Q_E tragen durch Energieaufwendung infolge des Verdunstungsprozesses zur Lufttemperaturreduktion bei. Das thermische Behaglichkeitsmaß PET belegt, dass gut wasserversorgte Grünanlagen einer zunehmenden Wärmebelastung der Stadtbevölkerung entgegenwirken, was vor allem für Stadtplaner in Hinblick auf Problemfeld bezogene Adaptations- und Mitigationsstrategien an den prognostizierten Klimawandel von entscheidender Bedeutung ist (vgl. Abb. 5).

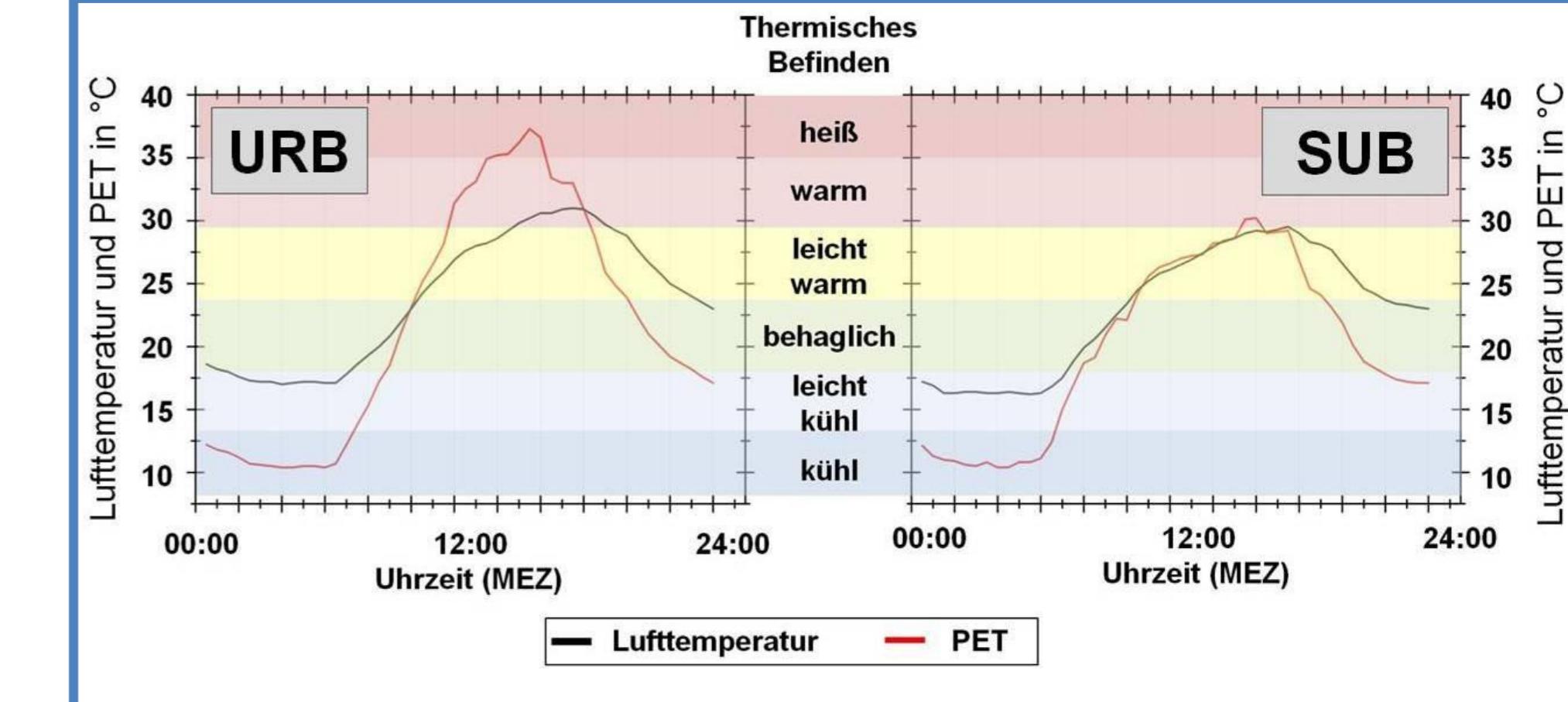


Abb. 5: Vergleichender Tagesgang der Lufttemperatur und der physiologischen Äquivalenttemperatur (PET) während eines Strahlungstages (20.08.2010) im Stationsvergleich

Diese positive Wirkung kann während langanhaltender Trockenepisoden bei unzureichender Bewässerung abgeschwächt werden bzw. vollständig verloren gehen. Die mit abnehmender Bodendurchfeuchtung am SUB von 0,65 auf 2,8 ansteigenden Bowenverhältnisse β (Abb. 6) sowie eine Reduzierung des monatlichen Q_E -Mittelwertes von 94 W/m² (August 2010, niederschlagsreich) auf lediglich 47 W/m² (März 2011, Trockenepisode) verdeutlichen diesen Sachverhalt eindrucksvoll.

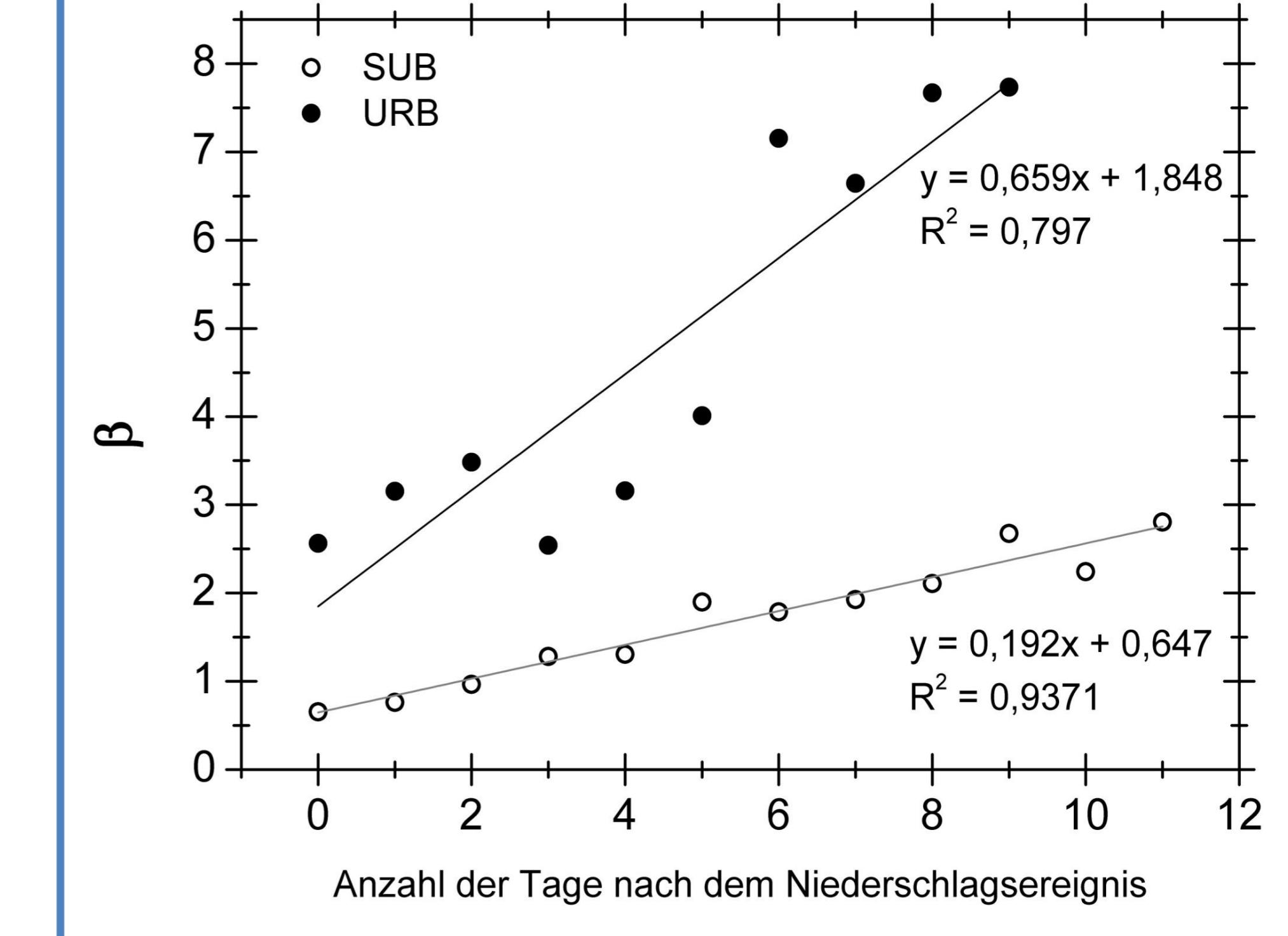


Abb. 6: Abhängigkeit des Bowenverhältnisses ($\beta = Q_H/Q_E$) von der Bodenfeuchtigkeit (ausgedrückt in der Anzahl der Tage nach einem Niederschlagsereignis (Niederschlagsmenge > 0,1 mm/d)) im Stationsvergleich

Aus stadtclimatlicher Sicht muss daher ausdrücklich darauf verwiesen werden, dass das Anlegen innerstädtischer Grünflächen als Maßnahme zur Verbesserung des thermischen Niveaus in urbanen Räumen, ausschließlich dann effizient ist, wenn diese optimal wasserversorgt sind (CLEUGH et al. 2005). Des Weiteren kann durch eine abnehmende Bodenfeuchtigkeit die nächtliche Kaltluftproduktivität des Sandortes vermindert werden, was sich zusätzlich negativ auf das thermische Niveau auswirken kann.

¹ Kontaktadresse:
Dipl.-Geographin Anja Goldbach,
Universität Duisburg-Essen,
Campus Essen, Fakultät für Biologie,
Angewandte Klimatologie und
Landschaftsökologie,
Schützenbahn 70, 45127 Essen
E-Mail: anja.goldbach@uni-due.de