

Bodentemperaturen, Bodenwärmeinsel und Bodenenergiegehalt in Oberhausen

M.Sc. Geogr. H. Püllen¹, Prof. Dr. W. Kuttler, Dr. D. Dütemeyer, Dr. A.-B. Barlag



Stand: 10/2011

Einleitung und Zielsetzung

Aus Messungen und Modellierungen ist bekannt, dass Böden in urbanen Ökosystemen im allgemeinen wärmer sind als in ruralen und dass Landnutzungs und Klimawandel die Erwärmung verstärken werden (SAVVA et al. 2010). Langjährige anthropogene Aktivität kann eine Erwärmung des Stadtbodens bis in über 100 m Tiefe bewirken, so dass dieser Raum eine potenzielle Energiequelle darstellt (ZHU et al. 2010). Zusätzlich fällt Böden auf Grund ihrer Eigenschaften als Wasser- und Wärmespeicher eine große Bedeutung in der Klimaanpassung zu. So wird beispielsweise durch die Verdunstung des im Boden gespeicherten Wassers eine Kühlwirkung erzielt (KUTTLER 2011).

Im Rahmen des BMBF-geförderten Verbundprojektes *dynaklim* (www.dynaklim.de) wird für Oberhausen als Modellstadt für die Emscher-Lippe-Region ein Jahr lang (August 2010 bis Juli 2011) das Bodenklima in Abhängigkeit verschiedener Bodentiefen und Klimatope untersucht. Nach einer umfassenden statistischen Datenanalyse soll unter anderem der Frage nachgegangen werden, wie sich der vergleichsweise warme Stadtboden auf das Wasserleitungssystem und damit auf die Trinkwasserqualität auswirkt und welche Veränderungen durch den Klimawandel diesbezüglich zu erwarten sind. Darüber hinaus soll durch Untersuchung der Bodenfeuchte und der Unterflur-Wärmeinsel der positive Beitrag des Bodens zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung quantifiziert werden.

Methode

Im Untersuchungsgebiet wurde an acht repräsentativen Standorten (sieben Klimatope) in unmittelbarer Nähe zu Trinkwasserschächten die Messung bodenklimatischer Parameter vorgenommen (Abb. 1). Dazu zählen an allen Standorten die Temperaturen von der Oberfläche bis zum Trinkwasserleitungsniveau (max. Tiefe 1,9 m) unter Berücksichtigung der Bodenhorizonte (insgesamt 50 Temperatursonden), sowie an ausgewählten Standorten die Bodenfeuchte (Θ) und der Bodenwärmestrom (Q_B). Die erhobenen Daten werden qualitätsgeprüft und statistisch ausgewertet. Einen Überblick über den Aufbau der Messensorik gibt Abb. 2.

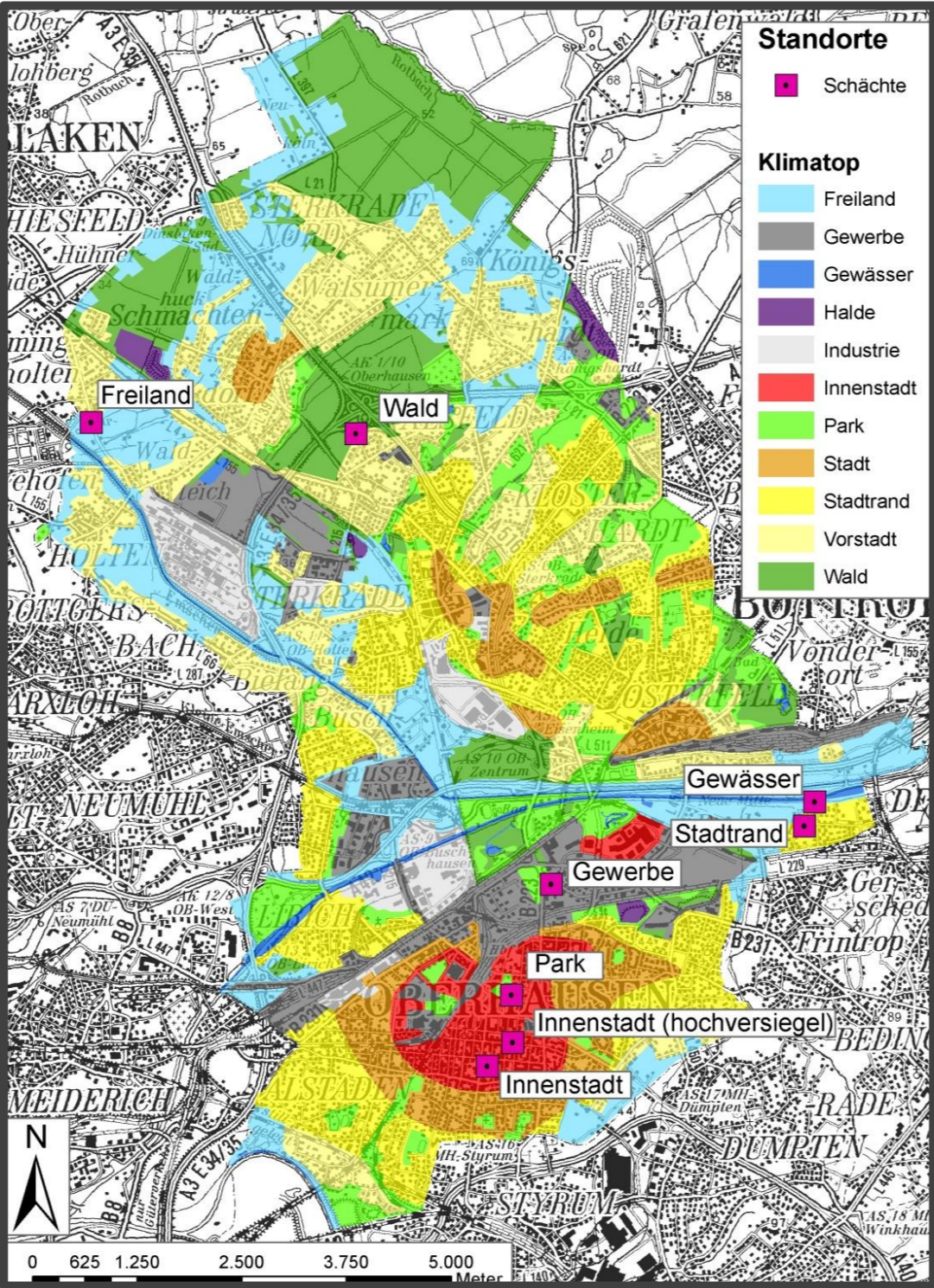


Abb. 1: Untersuchungsgebiet Oberhausen

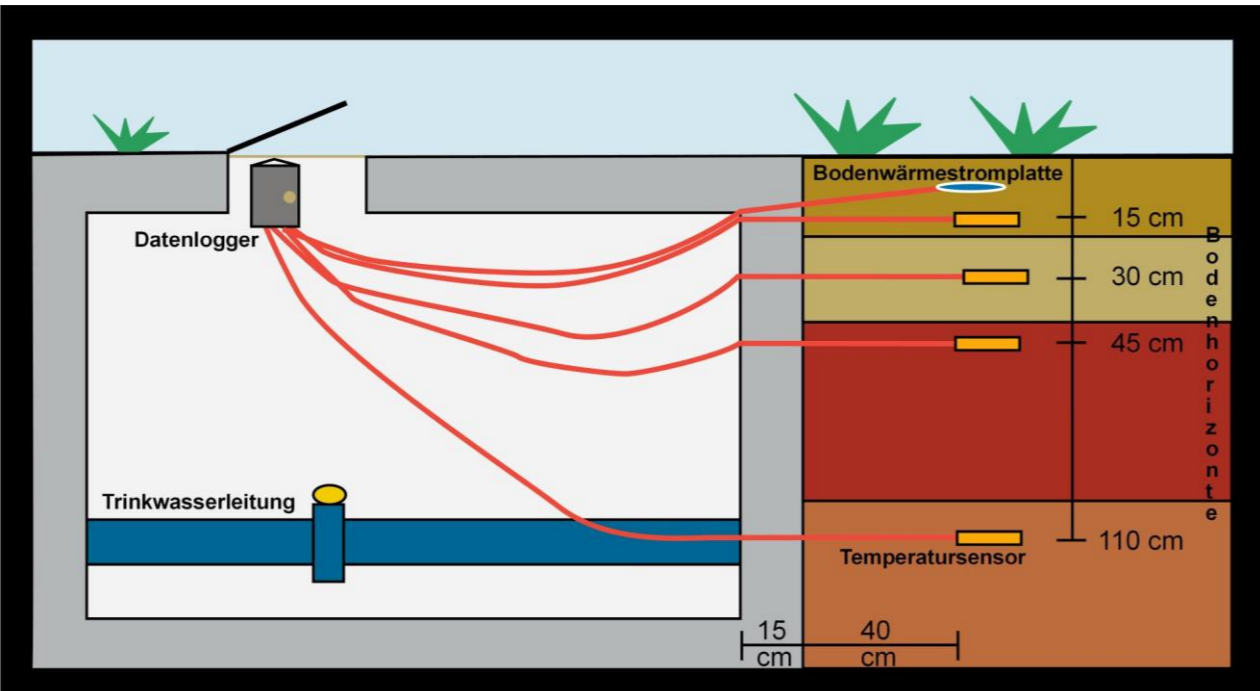


Abb. 2: Schematischer Überblick über den Bodentemperaturmessaufbau (Vertikalschnitt)

Ergebnisse

Überblick

Die Untersuchungsstandorte lassen sich zwei Gruppen zuordnen, die sich durch ein unterschiedliches thermisches Verhalten auszeichnen: Anthropogenen Standorten (Innenstadt (hochversiegelt), Innenstadt und Gewerbe) stehen weniger stark versiegelte Standorte (Park, Stadtrand, Gewässer, Wald, Freiland) gegenüber.

Tab. 1: Jahresmittelwerte der Bodenprofiltemperaturen (tiefergewicht) in Oberhausen (01.08.2010 – 31.07.2011)

	Innenstadt (hochversiegelt)	Innenstadt	Gewerbe	Park	Stadtrand	Gewässer	Wald	Freiland
Profilmitteltemperatur	13,1	12,7	11,6	11,1	10,3	10,8	10,1	10,5

In Tab. 1 und Abb. 3 sind die thermischen Unterschiede gut zu erkennen. Die Mittelwerte der anthropogenen Standorte liegen deutlich höher (Tab. 1). Dieses ist unter anderem auf den hohen Versiegelungsgrad, die dort verwendeten Baumaterialien und die schlechtere Wasserversorgung der Standorte zurückzuführen; am Standort Innenstadt wirkt sich zusätzlich die Nähe zu einer Fernwärmeleitung auf die Mittelwerte aus.

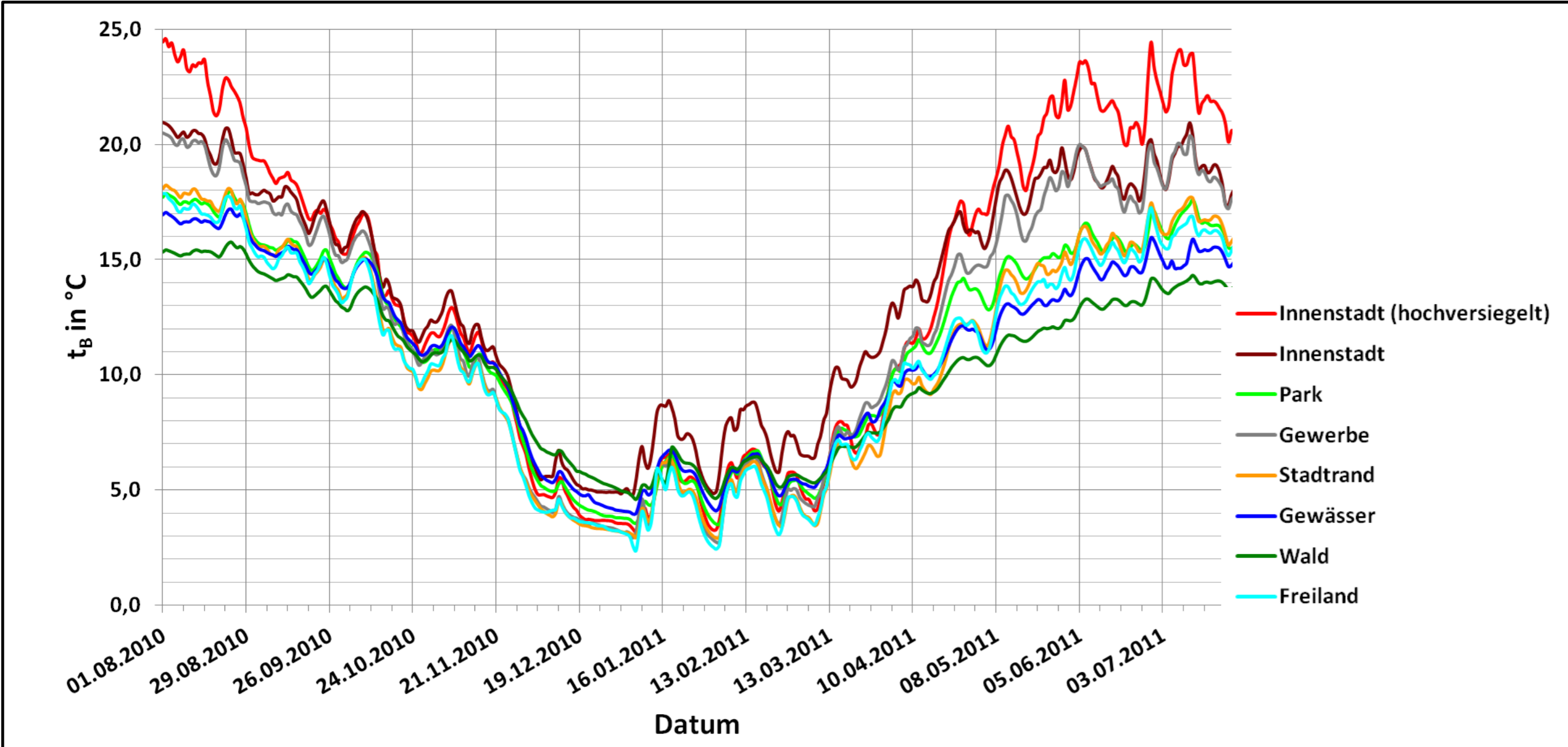


Abb. 3: Tagesmittelwerte der Bodenprofiltemperaturen (tiefergewicht) an allen Untersuchungsstandorten in Oberhausen (01.08.2010 – 31.07.2011)

Literatur

KUTTLER, W. (2011): Klimawandel im urbanen Bereich, Teil 2, Maßnahmen. In: Environmental Sciences Europe (ESEU). Springer open, Doi: 10.1186/2190-4715-23-21, S. 1-15.
SAVVA, Y., POUYAT, R., GROFFMAN, P. & G. HEISLER (2010): Effects of Land Use and Vegetation Cover on Soil Temperature in an Urban Ecosystem. In: Soil Science Society of America Journal, 74 (2): 469 – 480.
ZHU, K., BLUM, P., FERGUSON, G., BALKE, K.-D. & P. BAYER (2010): The geothermal potential of urban heat islands. In: Environmental Research Letters 5: 1 – 6.
ZMARSLY, E., KUTTLER, W. & H. PETHE (2007): Meteorologisch-klimatologisches Grundwissen. UTB 2281, Stuttgart. 3. Auflage.

Bodenfeuchte

Die exemplarische Untersuchung der Bodenfeuchte an den Standorten Innenstadt und Freiland weist Werte zwischen 4 und 32 Volumenprozent auf. In der Innenstadt sind die oberen Bodenschichten deutlich feuchter als die tieferen Schichten, mit Ausnahme des Zeitraums Mitte bis Ende Dezember (Schneedecke). Das ist ein Hinweis auf die anthropogenen Verhältnisse dieses Bodens, der nur an der Oberfläche eine wasserspeichernde Humusauflage besitzt, darunter jedoch durchgehend aus Sand besteht. Am Freilandstandort hingegen ist der Wassergehalt insgesamt höher und nimmt mit zunehmender Tiefe zu (Abb. 4). Steht genug Einstrahlungsenergie zur Verfügung, kann bei guter Kapillarität des Bodens und ausreichender Wasserversorgung bzw. Grundwasseranschluss die Verdunstung des Bodenwassers für eine Abkühlung der Luft und damit des warmen Stadtkörpers sorgen. Eine derartige Situation trat im Frühjahr 2011 (April/Mai) ein, als die Wochensummen des Niederschlags sehr gering waren. Während der Innenstadtboden bis auf eine Restfeuchte von < 5 % austrocknete, wies der Freilandstandort mit ca. 30 % die höchsten Werte des Jahres auf. Diesem Verhältnis entsprechend erwärmten sich die Böden verschieden stark (Abb. 3).

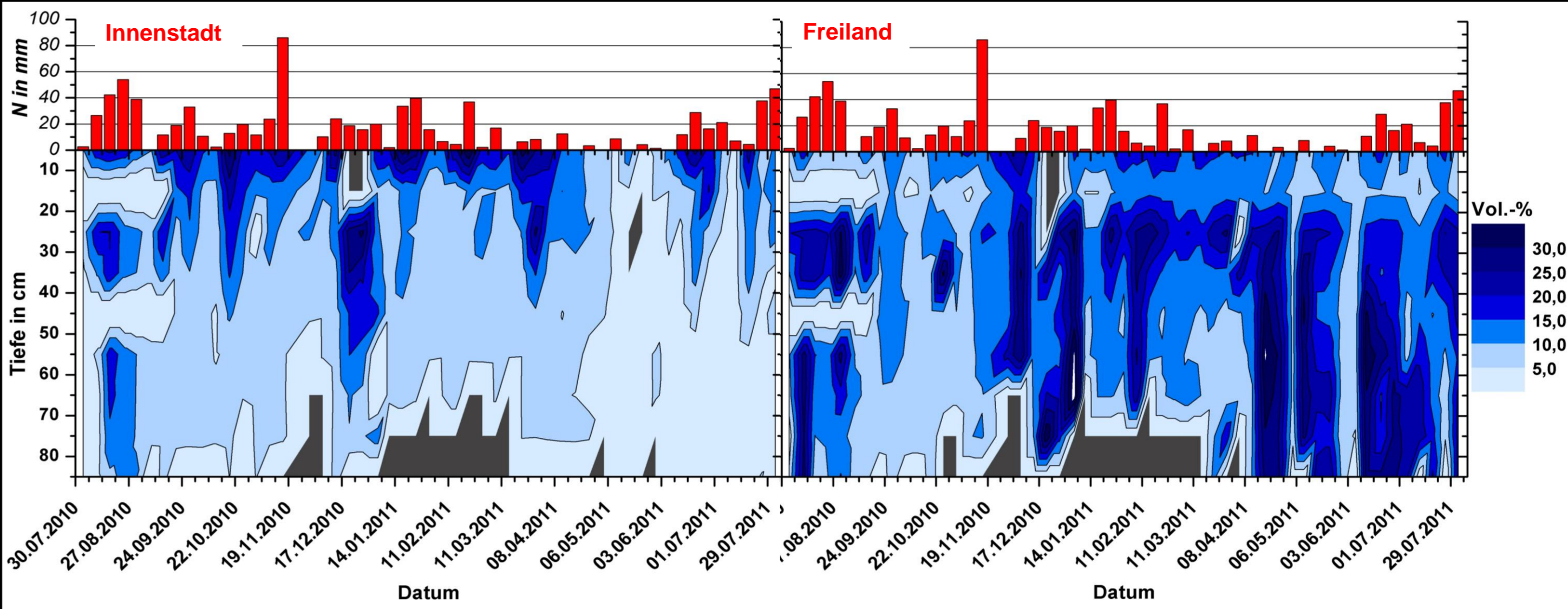


Abb. 4: Bodenfeuchte in Volumenprozent für einen Innenstadtsstandort (links) und einen Freilandstandort (rechts) sowie Wochensummen des Niederschlags (01.08.2010 – 31.07.2011)

Unterirdische Wärmeinsel

Unter Unterirdischer- oder Bodenwärmeinsel versteht man, dass der Boden in der Stadt auf Grund anthropogener Einflüsse in gleichen Tiefen wärmer ist, als der Boden des Umlands; oberirdisch spricht man analog von der städtischen Wärmeinsel (engl. Urban Heat Island, UHI). Die Differenzen der Luft- und Bodentemperaturen zwischen Innenstadt (hochversiegelt) und Freiland weisen fast das ganze Jahr positive Werte auf. Das bedeutet, dass die Stadt sowohl im Untergrund als auch in der städtischen Grenzschicht meist wärmer ist als das Umland und sich eine UHI ausgebildet hat. Während die Bodenwärmeinsel einen akzentuierten Jahresgang (bis zu 7 K) aufweist, zeigt die oberirdische Wärmeinsel eine deutlich geringere Intensität von maximal 3 K (Tagesmittel), mit leichter Abnahme zur kalten Jahreszeit. Beide Typen der UHI verdeutlichen das Ausmaß der städtischen Überwärmung (Abb. 5).

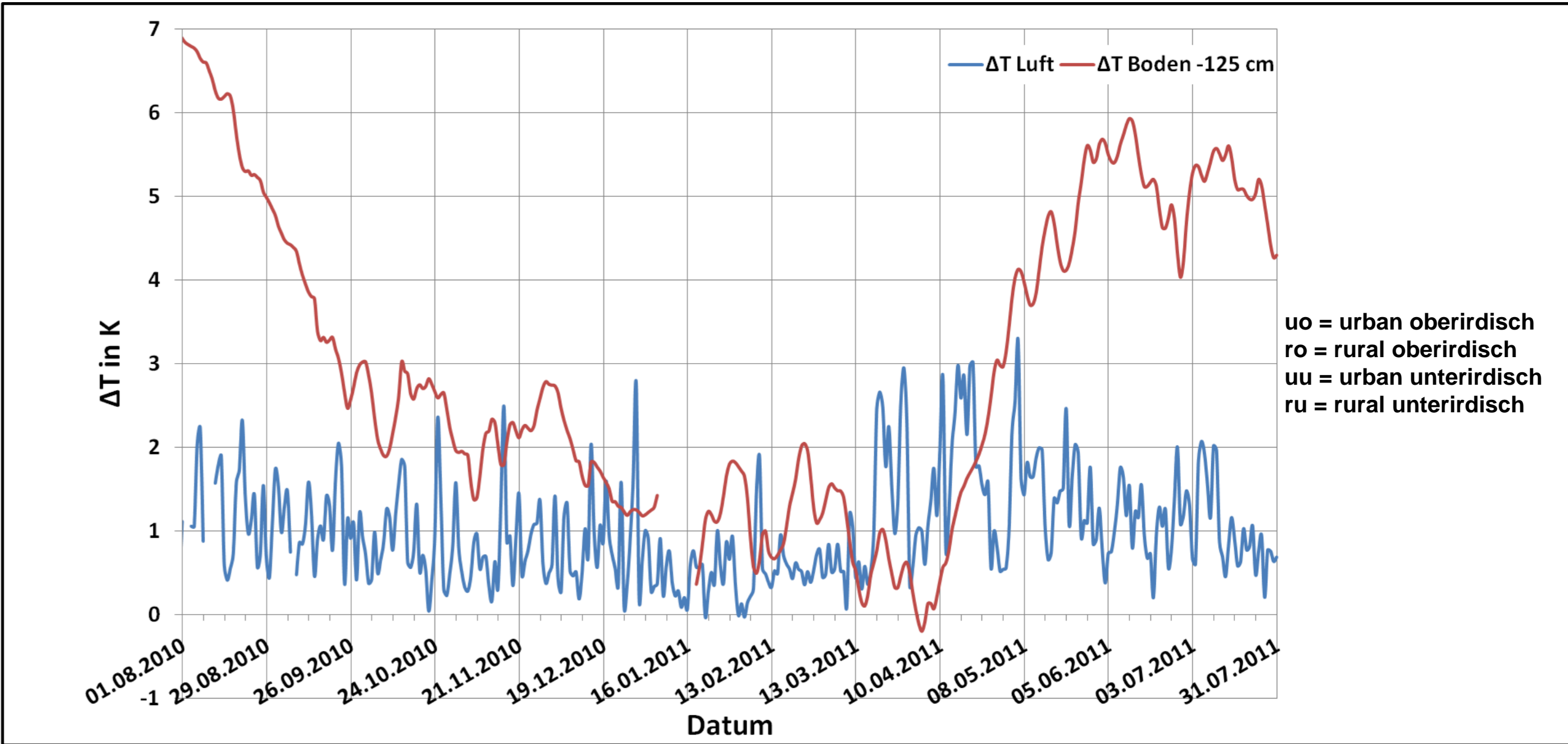


Abb. 5: Tagesmittelwerte der oberirdischen ($\Delta T_{uo-ro} > 0$ K; 2 m ü. Gr.) und unterirdischen ($\Delta T_{uu-ru} > 0$ K; -1,25 m u. Gr.) Wärmeinsel in Oberhausen berechnet für die Standorte Innenstadt (hochversiegelt) und Freiland (01.08.2010 – 31.07.2011)

Oberflächennaher Bodenenergiegehalt

Die anthropogene Überwärmung des Stadtbodens sorgt dafür, dass dieser einen Energiespeicher darstellt. Unter Verwendung der mittleren Temperaturdifferenz zum Waldstandort und standortspezifischer Wärmekapazitätsdichten (ZMARSLY et al. 2007) lässt sich die mittlere in einer Schichtdicke von 1 m Boden enthaltene Mehrenergie jedes Klimatops (Bezugsfläche = 1 km² * 1 m) berechnen (Tab. 2). Die Werte zeigen, dass an den stark anthropogenen Standorten wesentlich mehr Energie im Boden enthalten ist. Die Mehrenergie in einem 1 m mächtigen Innenstadtboden beispielsweise würde ausreichen, 625 Normhaushalte (4 Pers., 4000 kWh/a) ein Jahr lang mit Strom zu versorgen.

Tab. 2: Mittlerer potentieller Mehrenergiegehalt der Klimatope in Oberhausen im Vergleich zum Waldstandort und die Anzahl der damit versorgbaren Normhaushalte (01.08.2010 – 31.07.2011; bezogen auf 1 km² * 1 m Boden, oberflächennah)

	Innenstadt (hochversiegelt)	Gewerbe	Park	Stadtrand	Gewässer	Freiland
kWh/(km ² * m)	25 * 10 ⁵	11 * 10 ⁵	5,8 * 10 ⁵	4,2 * 10 ⁵	3,4 * 10 ⁵	2,4 * 10 ⁵
Normhaushalte/(km ² * m)	625	275	145	105	85	60

Ausblick

Im weiteren Verlauf des Projekts sollen die Kühlleistung des städtischen Untergrunds quantifiziert, die Auswirkung der höheren Stadtbodentemperaturen auf die Trinkwasserqualität analysiert und die Bodenwärmespeicherdichte für die verschiedenen Klimatope berechnet werden.

1) Kontakt:
M. Sc. Geogr. Helene Püllen. Fakultät für Biologie, Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie.
Universität Duisburg-Essen. Schützenbahn 70, 45127 Essen. Email: helene.puellen@uni-due.de