

STADTKLIMA

Ausgewählte bisherige Ergebnisse der stadtklimatischen Untersuchungen in Oberhausen



Stand: 03/2011

Hintergrund

Im Rahmen des BMBF-geförderten Verbundprojektes dynamik wird für Oberhausen, als repräsentative Modellstadt im Emscher-Lippe-Gebiet, an insgesamt 10 Untersuchungsstandorten in unterschiedlichen Klimatopen ein Jahr lang (August 2010 bis Juli 2011) eine umfassende stadtklimatische Untersuchung des Ist-Zustandes vorgenommen, um daraus Plan-Zustände zu entwickeln. In drei Teilaktivitäten werden die Messdaten hinsichtlich möglicher Anpassungsstrategien gegen Hitzestress im prognostizierten Klimawandel (vgl. Kuttler 2011) analysiert und interpretiert. Ziel der Aktivität 4.3.1 ist es, die Effizienz verdunstungsaktiver Flächen in urbanen Gebieten zu quantifizieren. Dazu wird die Energiebilanz unter besonderer Berücksichtigung der Evapotranspiration durch vergleichende Simultanmessungen (versiegelt/verdunstungsaktiv) quantifiziert und hinsichtlich der räumlichen Unterschiede unter Berücksichtigung der saisonalen und diurnalen Variabilität untersucht (vgl. Offerle et al. 2006).

Aus Messungen und Modellierungen ist bekannt, dass Böden in urbanen Ökosystemen wärmer sind als in ruralen Ökosystemen und dass Landnutzungswandel und Klimawandel die Erwärmung verstärken werden (vgl. Savva et al. 2010). Daher werden in Aktivität 4.1.3 das Bodenklima in Oberhausen sowie die Auswirkung erhöhter Bodentemperaturen auf die Trinkwasserqualität untersucht. Es gibt verschiedene Strategien um den thermischen Komfort in Städten zu verbessern (vgl. Ali-Toudert & Mayer 2007); Aktivität 4.3.2 untersucht speziell den Einfluss des Wasserhaushalts auf das Stadtklima durch Modellsimulationen mit unterschiedlichem Vegetations- und Wasserflächenanteil in verschiedenen Flächennutzungen. Nach Abschluss der Auswertungen werden in Aktivität 4.3.3 die Ergebnisse der Teilaktivitäten als problemfeldbezogene Adaptations- und Mitigationsstrategien zur Verbesserung des Stadtklimas in einem Handlungsleitfaden zusammengefasst.

Messung der urbanen Evapotranspiration mittels H₂O-Flussmessungen (A 4.3.1)

Die mittleren Tagesgänge der gemessenen atmosphärischen Wasserdampftransporte weisen im Stationsvergleich deutliche Unterschiede auf (s. Abb. 1). Während sommerlicher Strahlungswetterlagen verdunstet am suburbanen Standort die dreifache Menge an Wasser (ca. 90 mg/(m²s) als mittleres Tagesmaximum) im Vergleich zur Stadtstation (ca. 30 mg/(m²s). Die für den Verdunstungsprozess aufgewendete Energie steht somit nicht mehr zur Erwärmung der Luft zur Verfügung. Einer thermischen Belastung innerhalb des Stadtgebietes kann insbesondere während sommerlicher Strahlungswetterlagen durch die Anlage gut wasserversorgter Grünflächen und/oder innerstädtischer Wasserflächen entgegen gewirkt werden.

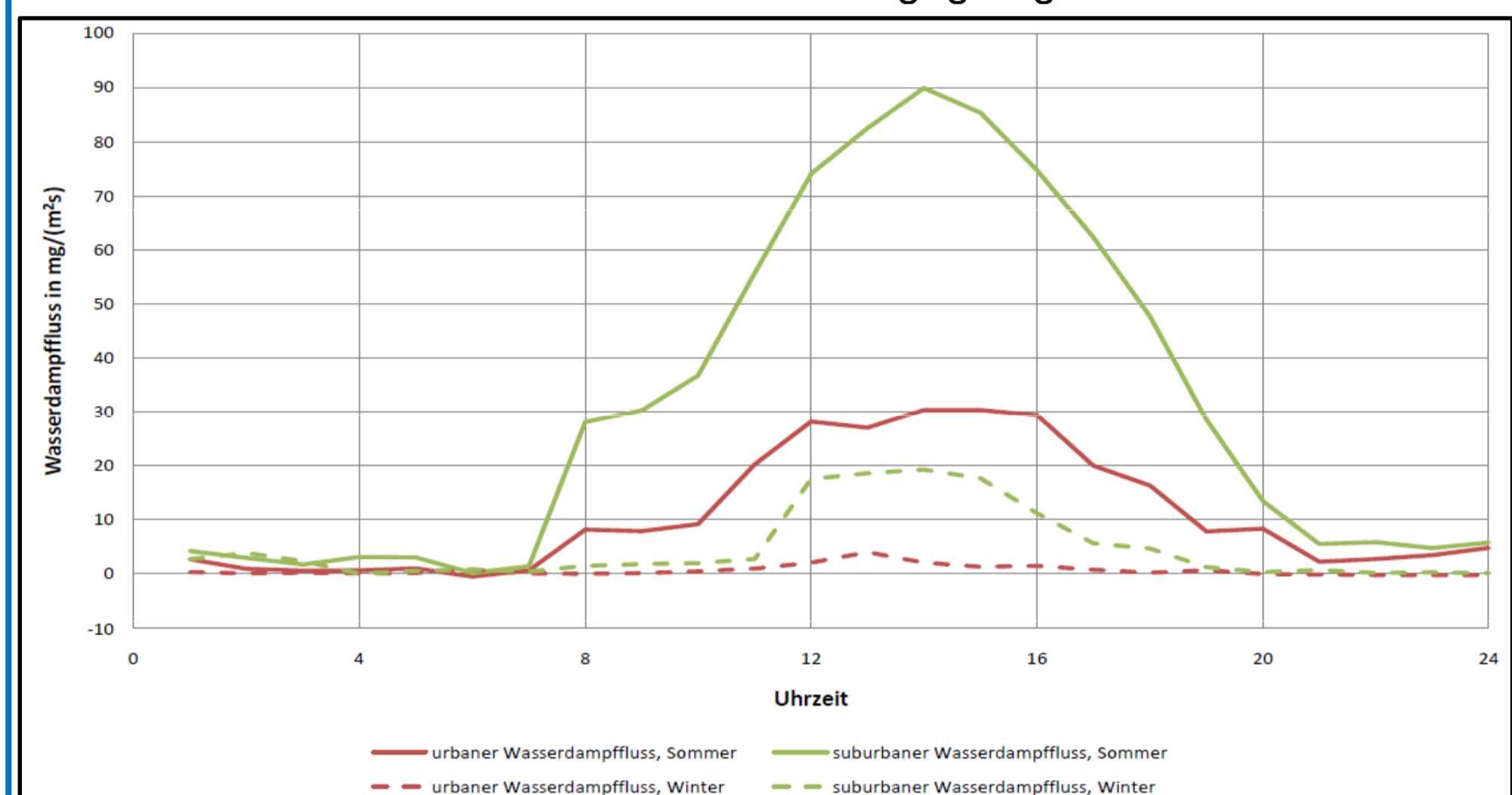


Abb. 1: Mittlerer Tagesgang des Wasserdampftransportes während neun sommerlicher (August und September 2010) und sechs winterlicher (Dezember 2010 bis Februar 2011) Strahlungstage am urbanen und suburbanen Standort

Der Stadtstandort ist durch einen um etwa 80 W/m² erhöhten fühlbaren Wärmestrom charakterisiert, währenddessen am suburbanen Standort der Großteil der einfallenden Energie für den Verdunstungsvorgang verwendet wird, woraus ein um ca. 170 W/m² erhöhter latenter Wärmestrom resultiert. Der im Vergleich zum suburbanen Standort hohe urbane Residualwärmestrom spiegelt das hohe Wärmespeichervermögen anthropogener Oberflächenmaterialien am Stadtstandort wider (s. Abb. 2).

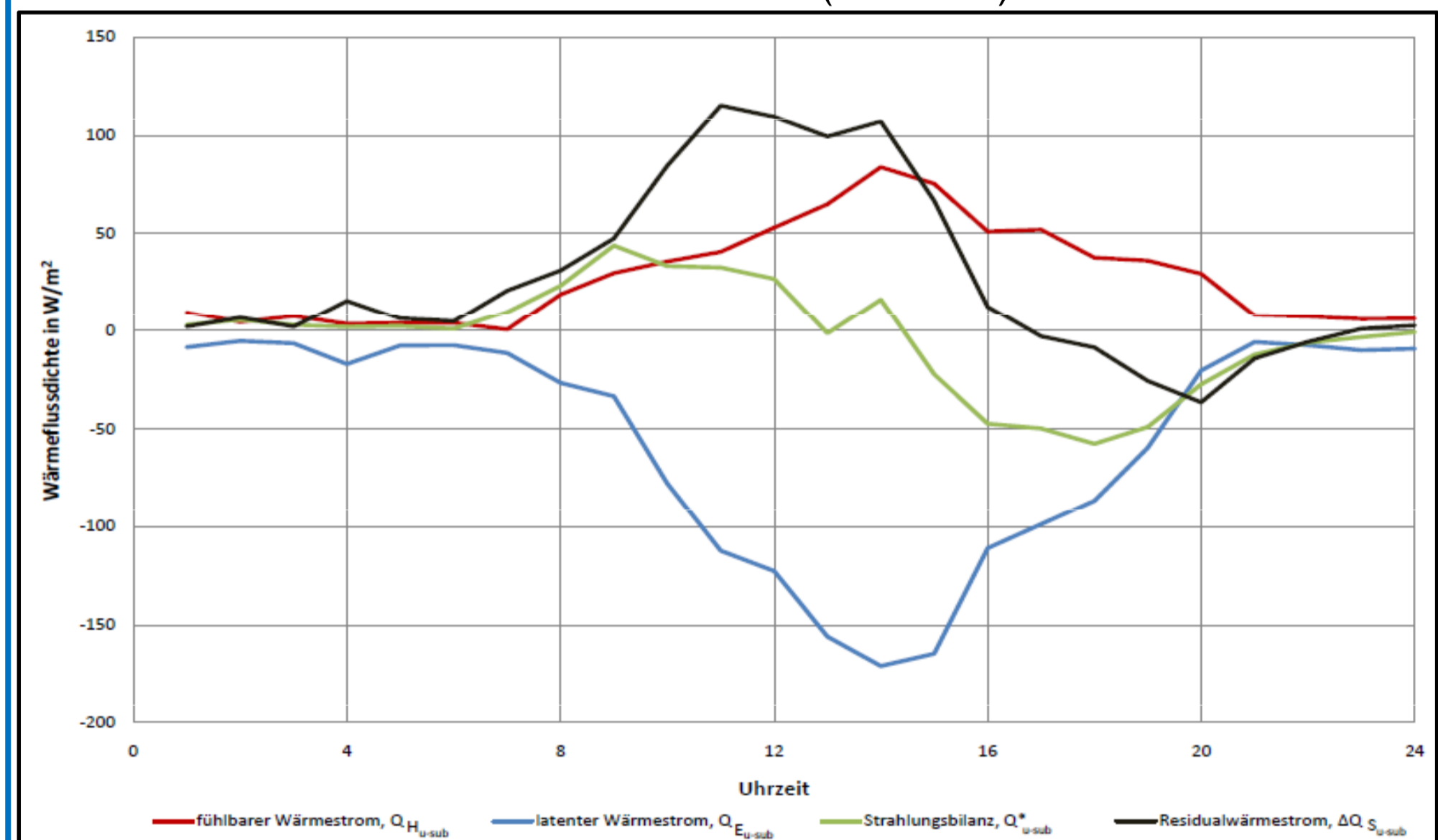


Abb. 2: Mittlerer Tagesgang der Differenz der Strahlungsbilanzglieder (urban minus suburban) während sommerlicher Strahlungstage (August und September 2010)

Der Vergleich zwischen der Lufttemperatur und dem thermischen Behaglichkeitsmaß PET in Abb. 3 zeigt deutlich, dass an verdunstungsaktiven Flächen gegenüber versiegelten urbanen Flächen die humanbiometeorologische Wärmebelastung beachtlich reduziert werden kann.

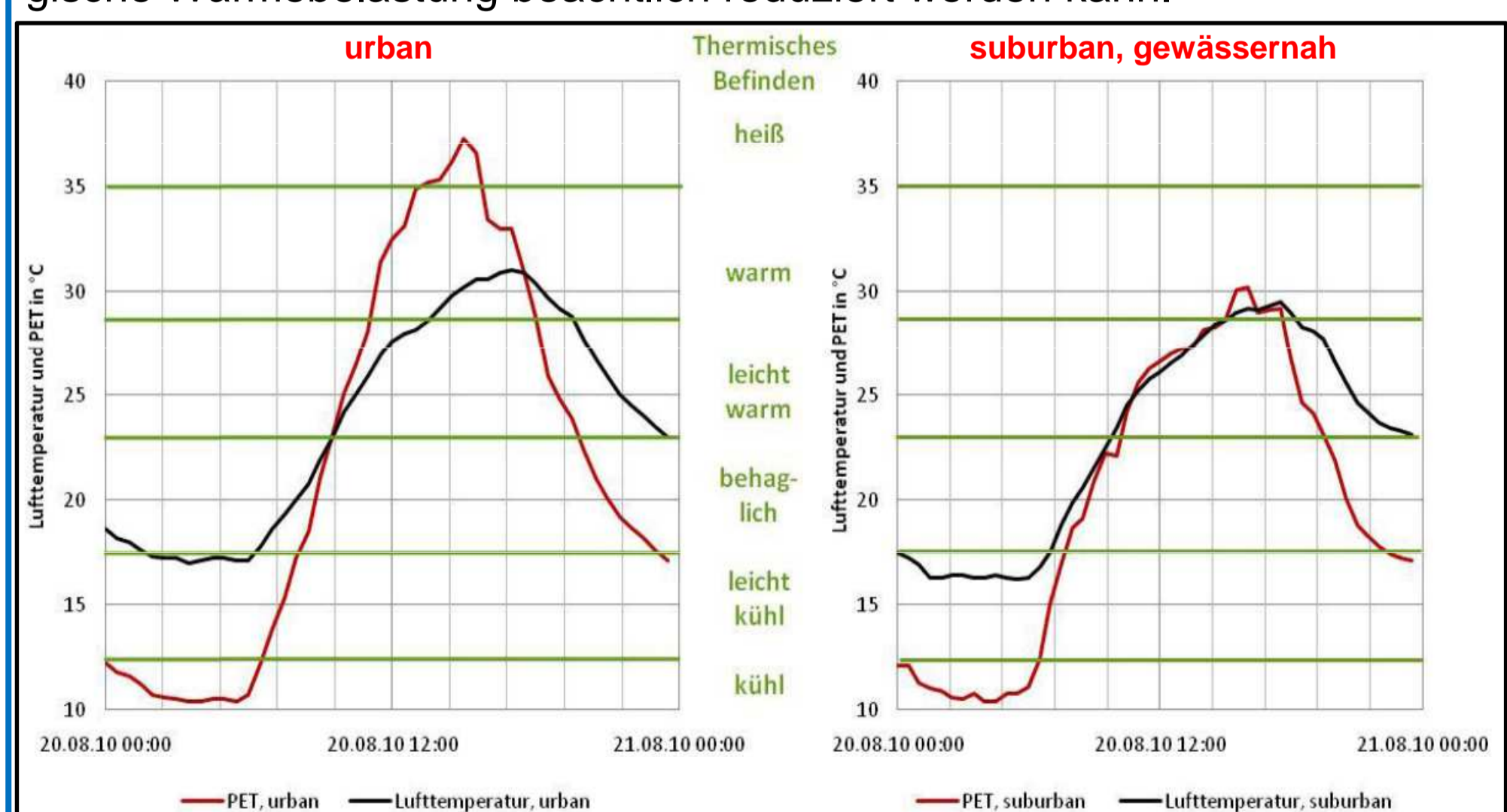


Abb. 3: Vergleichender Tagesgang der Lufttemperatur und der PET während eines Strahlungstages (20.08.2010) im Stationsvergleich

Untersuchung der Bodentemperaturen zur Sicherung der Trinkwasserqualität (A 4.1.3)

Betrachtet man die Akkumulation der Bodentemperaturen seit Messbeginn, wird ersichtlich, dass diese bis Mitte November in fast allen Tiefenstufen gleich verläuft. Im Winter hingegen zeigt sich im Vergleich zum Sommer ein stärkerer Temperaturgewinn der tieferen Bodenschichten, da sie nicht wie die oberen Schichten im direkten Austausch mit der kühlen Winteratmosphäre stehen (s. Abb. 4).

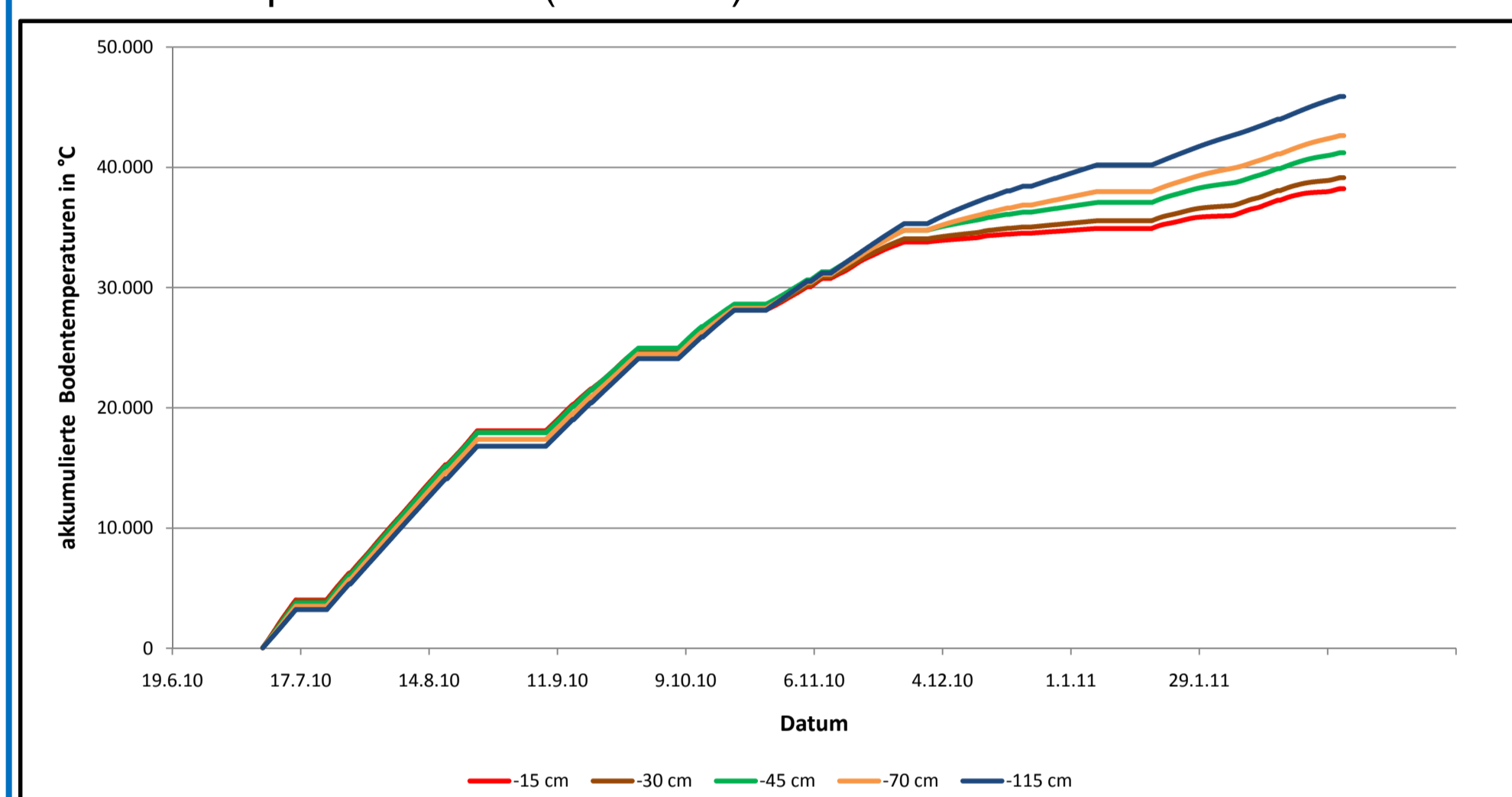


Abb. 4: Akkumulierte Stundenmittel der Bodentemperaturen in verschiedenen Tiefen im Stadtrandklimatop vom 08.07.2010 bis zum 01.03.2011

Die Bodenfeuchte liegt zwischen 4 und 32 Volumenprozent, die Verteilung an beiden Standorten ist jedoch unterschiedlich. In der Innenstadt sind die oberen Bodenschichten deutlich feuchter als die tieferen Schichten. Das ist ein Hinweis auf die anthropogenen Verhältnisse dieses Bodens, der nur oben eine wasserspeichernde Humusaufgabe besitzt, darunter jedoch durchgehend aus Sand besteht. Der Freilandstandort weist mit zunehmender Tiefe steigende, und insgesamt höhere Wassergehalte auf (s. Abb. 5). Im Sommer kann die Verdunstung des im Boden enthaltenen Wassers für eine Abkühlung der Luft und damit des warmen Stadtkörpers sorgen. Eine gute Wasserversorgung ist dafür Voraussetzung.

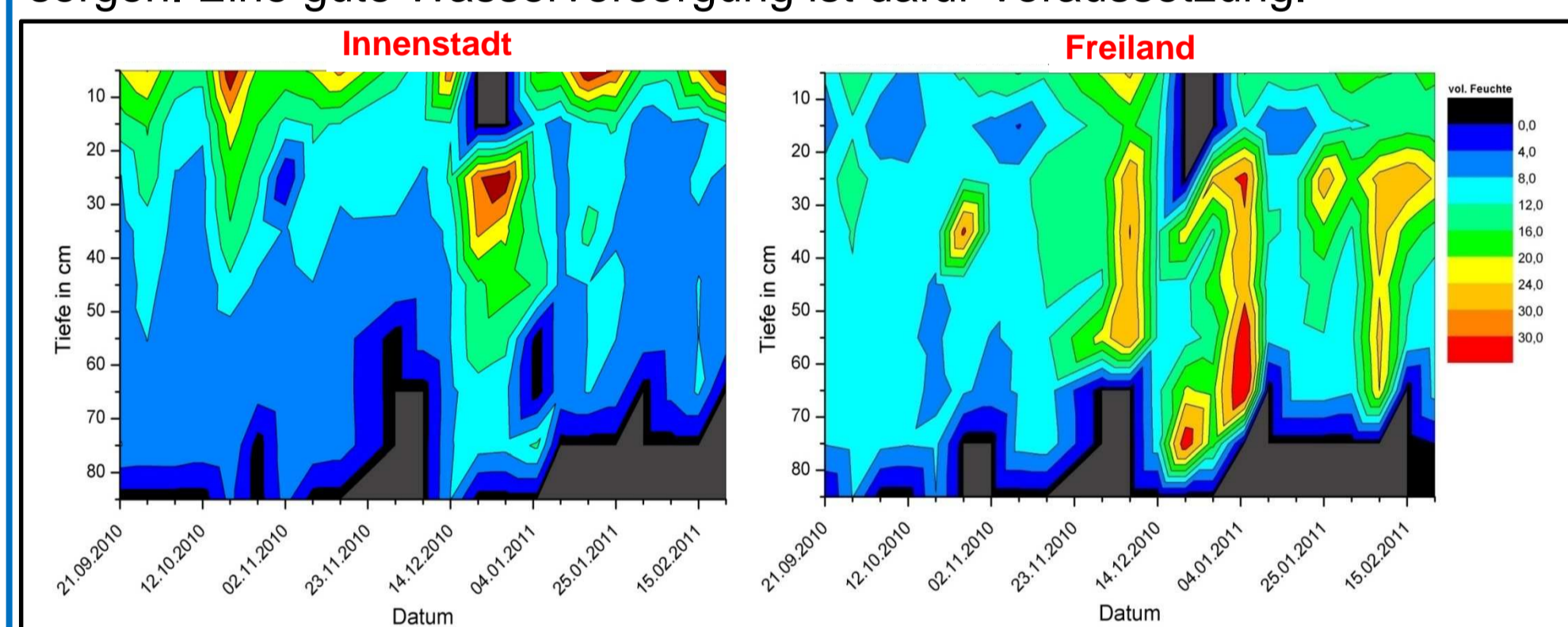


Abb. 5: Volumetrische Bodenfeuchte für einen Innenstadtstandort (links) und einen Freilandstandort (rechts) vom 21.09.2010 bis zum 22.02.2011

Die Differenzen der Lufttemperaturen und der Bodentemperaturen zwischen den zwei kontrastierenden Standorten Innenstadt (hochversiegelt) und Freiland zeigen für den bisherigen Messzeitraum positive Differenzen. Das bedeutet, dass die Stadt sowohl im Boden als auch in der Luft wärmer ist als das Umland. Die Höhe der Differenzen zwischen den beiden Standorten repräsentiert die Stärke der städtischen Wärmeinsel: Während die Bodenwärmeinsel einen sehr gut sichtbaren Jahresgang mit einer Amplitude von knapp 7 K aufweist, zeigt die oberirdische Wärmeinsel eine deutlich geringere Intensität von maximal 3 K und nur eine leichte Abnahme zur kalten Jahreszeit. Beide zusammen verdeutlichen das Ausmaß der städtischen Überwärmung (s. Abb. 6).

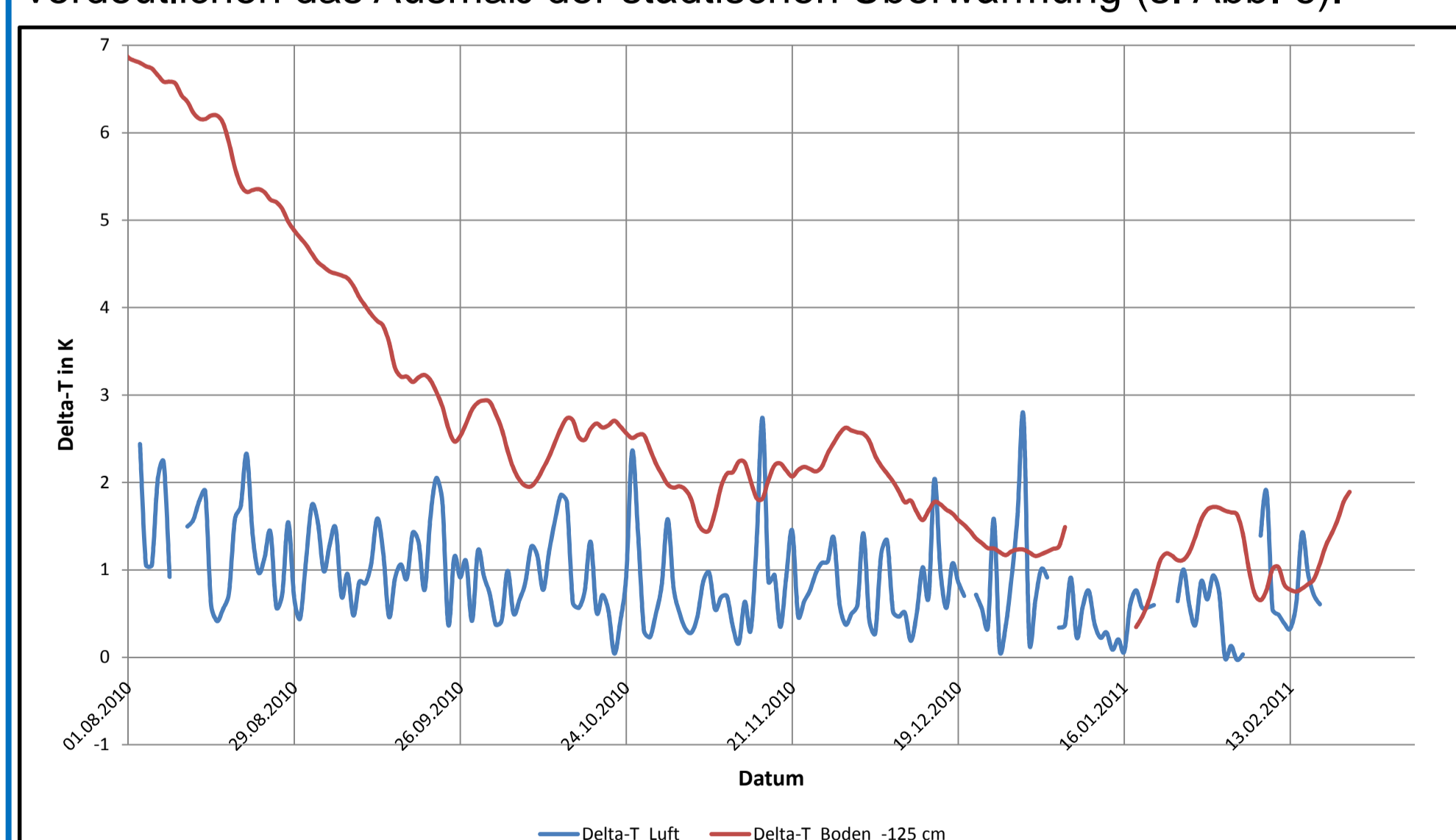


Abb. 6: Oberirdische und unterirdische Wärmeinsel vom 01.08.2010 bis zum 22.02.2011, berechnet als Differenz Innenstadt (hochversiegelt) minus Freiland

Messung und Modellierung zur Verbesserung des Stadtklimas (A 4.3.2)

Während einer Strahlungswetterlage zeigen die Lufttemperaturmesswerte der Standorte in Oberhausen einen klar differenzierten Tagesgang entsprechend ihrer Flächennutzung und ihres Vegetationsanteils (s. Abb. 7). Die Innenstadtstandorte und der ebenso stark versiegelte Gewerbestandort lassen während dieser Strahlungsepisode in der Nacht eine viel schwächere Abkühlung als die restlichen Standorte erkennen. Darüber hinaus werden an den Standorten Gewässer, Wald und Freiland, die einen höheren Vegetations- und Gewässeranteil aufweisen als die bebauten Standorte, im Tagesverlauf geringere Temperaturen erreicht, als an den bebauten Standorten.

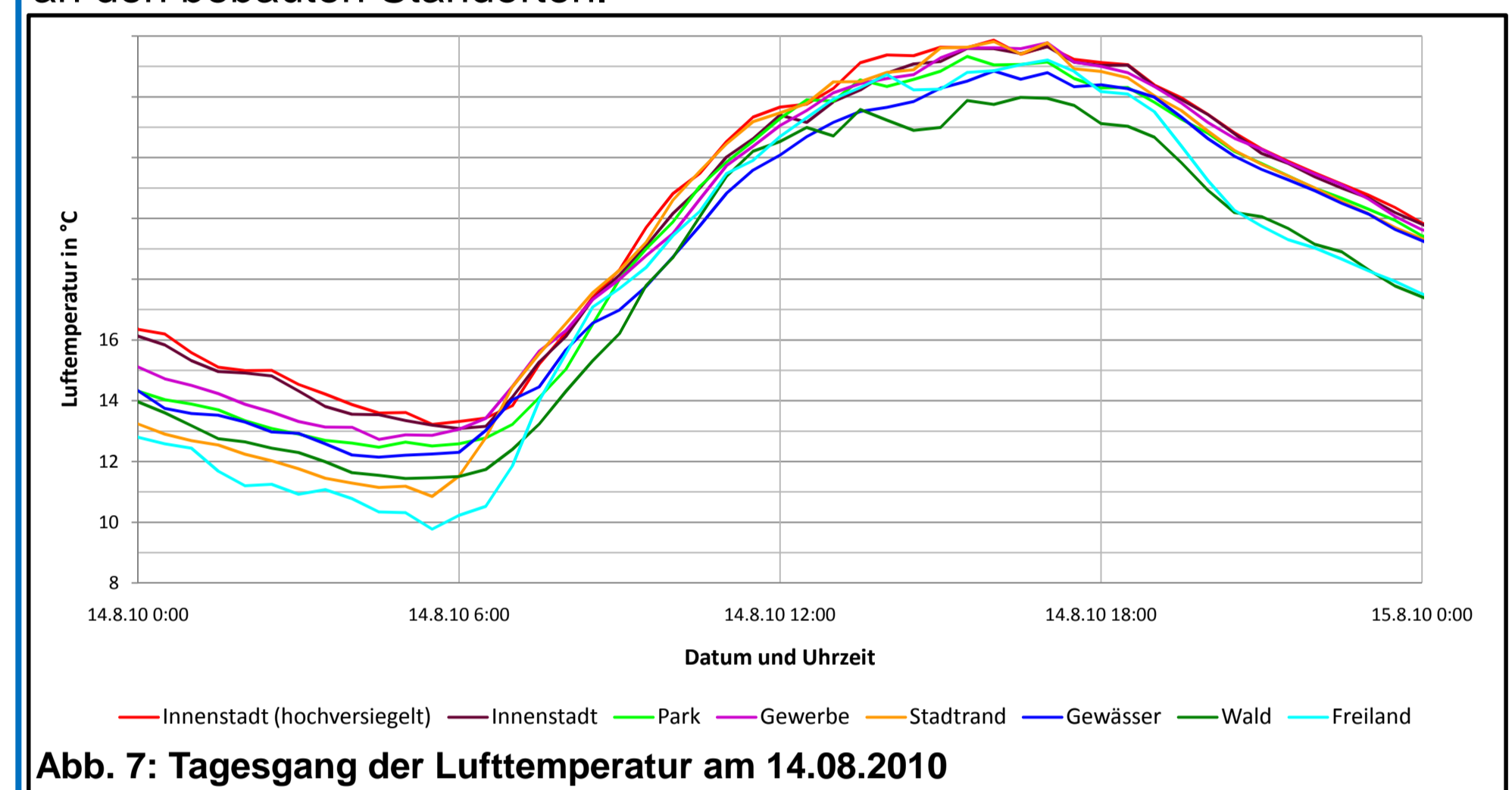


Abb. 7: Tagesgang der Lufttemperatur am 14.08.2010

Diese Differenzierung spiegelt sich auch in der Analyse der Auftrittshäufigkeit der klimatologischen Ereignistage wider (s. Tab. 1). An den Innenstadtstandorten werden häufiger thermische Schwellenwerte überschritten, als an den Umlandstandorten Freiland und Gewässer. Dafür treten dort im Winterzeitraum häufiger Eis- und Frosttage auf.

Tab. 1: Anzahl der klimatologischen Ereignistage in Oberhausen

Messzeitraum:	Standorte und Klimatopzuordnung						
(07.07.2010 - 22.03.2010)	Innenstadt	Park	Gewerbe	Stadtrand	Gewässer	Wald	Freiland
heißer Tag $t_{max} \geq 30^\circ\text{C}$	5	5	5	5	5	5	5
Sommertag $t_{max} \geq 25^\circ\text{C}$	17	15	15	15	15	11	9
tropische Nacht $t_{night} > 20^\circ\text{C}$	8	8	8	8	7	7	6
Grillparty Tage $t_{23h} > 20^\circ\text{C}$	17	17	13	14	14	14	11
Frosttag $t_{min} < 0^\circ\text{C}$	51	55	61	59	66	61	64
Eistag $t_{min} < -5^\circ\text{C}$	17	18	18	18	18	18	19

Speziell für die Untersuchung der sommerlichen Wärmebelastung und der Anpassungs- und Minderungseffekte von Vegetations- und Gewässerflächen werden Simulationen durchgeführt. In Abb. 8 ist am hochversiegelten Innenstadtstandort der Vergleich des tatsächlichen Ist-Zustands mit der Situation nach Anlegen einer ca. 1 ha großen Parkfläche für die physiologische Äquivalenttemperatur (PET) dargestellt.

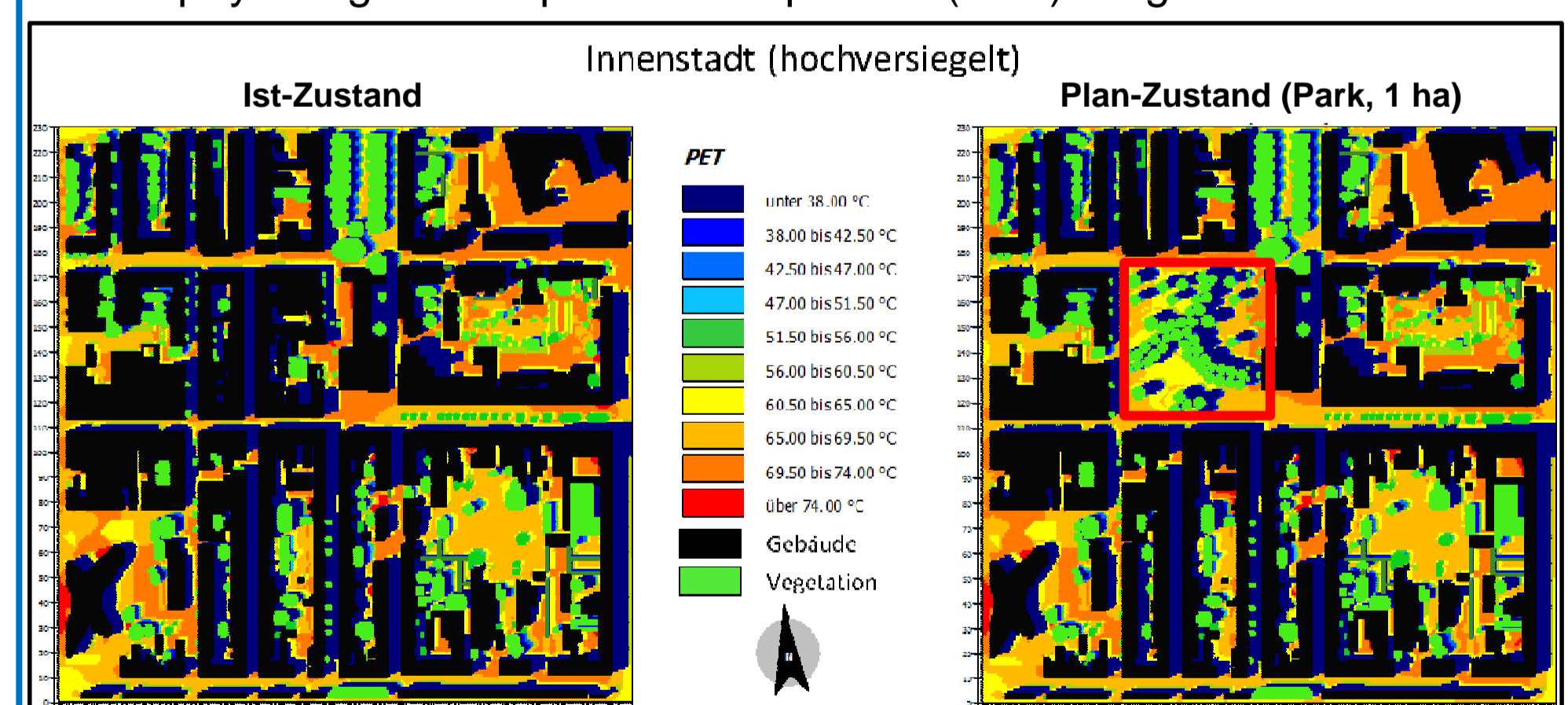


Abb. 8: Vergleich PET Ist-Zustand und PET Plan-Zustand (Park, 1 ha) am 12.07.2010

Der in der Simulation verwendete Park ist savannenartig aufgebaut und wird von zwei Fußwegen mit Alleencharakter durchzogen. Die physiologische Äquivalenttemperatur, die den thermischen Komfort wieder gibt, ist zur Simulationszeit (16 Uhr) deutlich durch den Schattenwurf der Gebäude und Bäume dominiert. Die sonnenexponierten Flächen des Straßenraumes und des Parks weisen daher eine extreme Wärmebelastung auf.

Tagsüber stellt Verschattung somit die wichtigste Strategie zur Reduktion der thermischen Belastung dar, unabhängig davon, ob die Verschattung durch natürliche oder künstliche Materialien erreicht wird. Nachts hingegen strahlen vor allem Baumaterialien die Wärmeenergie, die sie tagsüber aufgenommen haben wieder ab. Daher wird in den Nachtstunden der thermische Komfort durch Vegetation erhöht.

Literatur

Ali-Toudert, F. & Mayer, H. (2007): Effects of asymmetry, galleries, overhanging façades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. In: *Solar Energy*, **81**: 742-754.
 Kuttler, W. (2011): Klimawandel im urbanen Bereich, Teil 1, Wirkungen: Climate change in urban areas, Part 1, Effects. - In: Environmental Sciences Europe (ESEU), Springer open, DOI: 10.1186/2190-4715-23-11, S. 1-12.
 Offerle, B.; Grimmond, C. S. B.; Fortuniak, K. & Pawlak, W. (2006): Intraurban Differences of Surface Energy Fluxes in a Central European City. In: *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **45**: 125-136.
 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.