

Methoden zur Abschätzung der thermischen Belastung und des Potentials von Maßnahmen - eine Fallstudie für Berlin

Robert Günther

Leibniz Universität Hannover, Institut für Meteorologie und Klimatologie

Einleitung, Motivation & Ziele

- Besonders an warmen sonnigen Tagen können Menschen in Städten unter starkem Hitzestress und extremen Temperaturen leiden
- Nachts kann der städtische Wärmeinseleffekt zu stark erhöhten Temperaturen im Verhältnis zum Umland führen
- Die Ausprägung des Hitzestress und der Wärmeinsel ist lokal sehr verschieden und unter anderem abhängig von:
 - überlagerten meteorologischen Bedingungen
 - der Bebauungsdichte
 - Verschattung durch Gebäude und Bäume
- Ein erhöhter turbulenter latenter Wärmestrom durch Evapotranspiration von Begrünung kann zu einer Verbesserung des Stadtklimas beitragen

Projekt KURAS (Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme)

- Entwicklung von Konzepten zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung (Begrünung, Versickerung,...)
- Bewertung hinsichtlich ihrer Effekte auf Bewohner, Umwelt und Wirtschaftlichkeit
- Evaluation von Maßnahmenkombinationen in zwei Berliner Stadtvierteln

- ➔ Simulation des klimatologischen Ist-Zustandes
- ➔ Abschätzung des Potentials von Einzelmaßnahmen auf das Stadtklima und die thermische Behaglichkeit an jedem theoretisch möglichen Ort
- ➔ Notwendigkeit von schnellen diskreten Verfahren zur Reduzierung der Rechenzeit

Methodik zur Abschätzung des Ist-Zustandes

- Simulation der Wind, Temperatur und UTCI (Universal Thermal Climate Index) Verteilung in einem Stadtviertel mit Asmus_Green (Groß, 2012; Günther, 2014) in Abhängigkeit von der meteorologischen Hintergrundsituation
- Asmus_Green berechnet die Temperatur einer Oberfläche über deren Energiebilanz und beinhaltet ein 1D Bodenfeuchtemodell
- Simulation des Tagesgangs für 8 (2³) verschiedene „extreme“ Wetterlagen der Hintergrundsituation:
 - Tageshöchsttemperatur (20 °C bzw. 35 °C)
 - mittlere Windgeschwindigkeit (1 m/s bzw. 6 m/s)
 - Bodenfeuchte in Tagen nach dem letzten Niederschlag (1 Tag bzw. 10 Tage)
 - ausschließlich Ostwind, Sonnenverlauf vom 1. August, keine Wolkenbedeckung

- Simulationsergebnisse bilden die Eckpunkte der cuboid-Methode (s. Abb. 1; Früh et al., 2011)

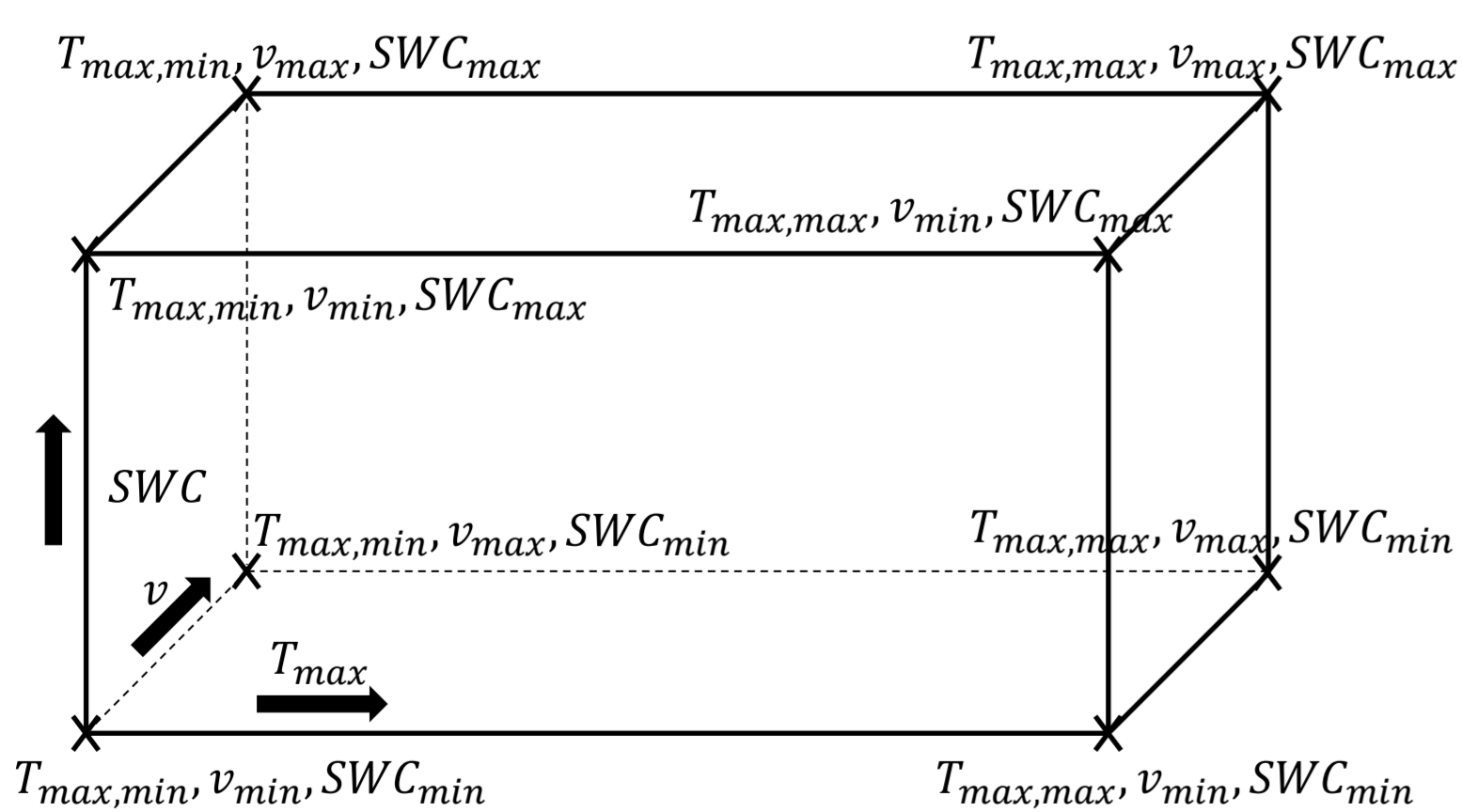


Abb. 1: Skizze des cuboids mit den Wertebereichen der Tageshöchsttemperatur T_{max} , der mittleren Windgeschwindigkeit v und der Bodenfeuchte SWC (Soil Water Content)

- gitterpunktweise trilineare Interpolationen auf Basis der 40-jährigen Zeitreihe von Tagesdaten der DWD-Messstation Berlin-Tempelhof (1974 - 2013)
- ➔ Berechnung von meteorologischen Kenntagen
- ➔ Häufigkeit von UTCI Hitzestressklassen

Ist-Zustand Schöneberg

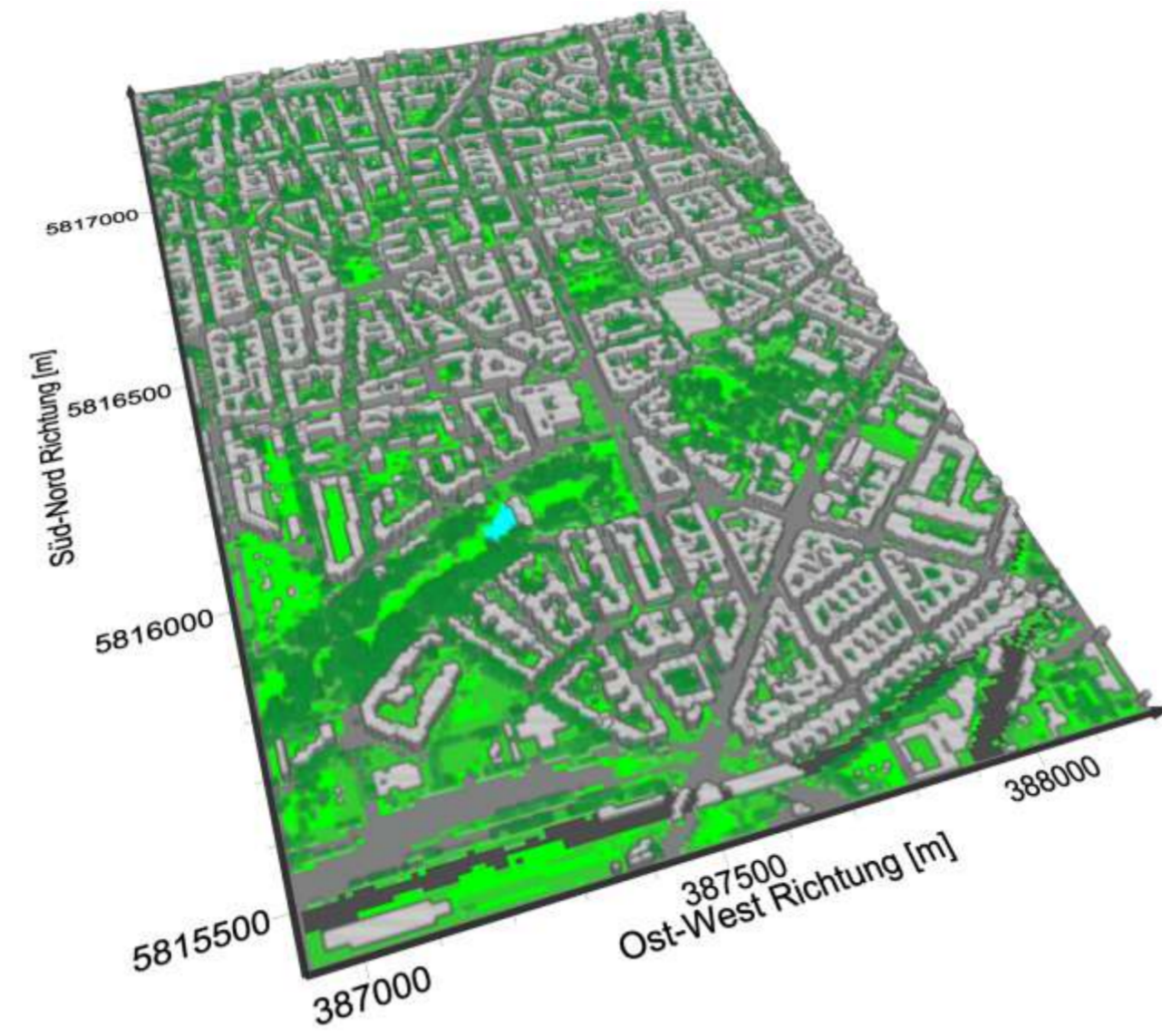


Abb. 2: Das Modellgebiet innerhalb von Schöneberg ist geprägt von Blockbebauung mit begrünten Innenhöfen. Die Gebäude sind im Mittel 20 m hoch. Es existieren mehrere größere Grünanlagen und die meisten Nebenstraßen werden von Bäumen gesäumt.

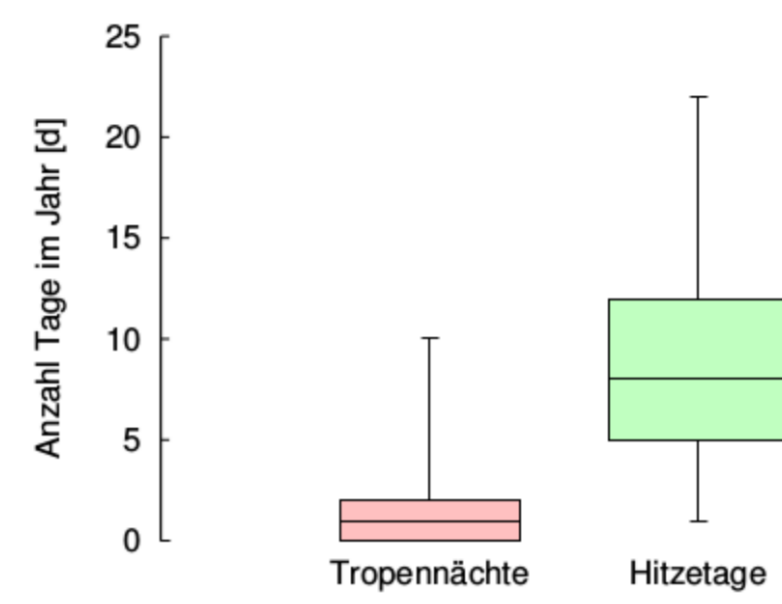


Abb. 3: Box-Whisker-Plots der Tropennächte und Hitzetage an der DWD Messstation Berlin-Tempelhof (1974 - 2013)

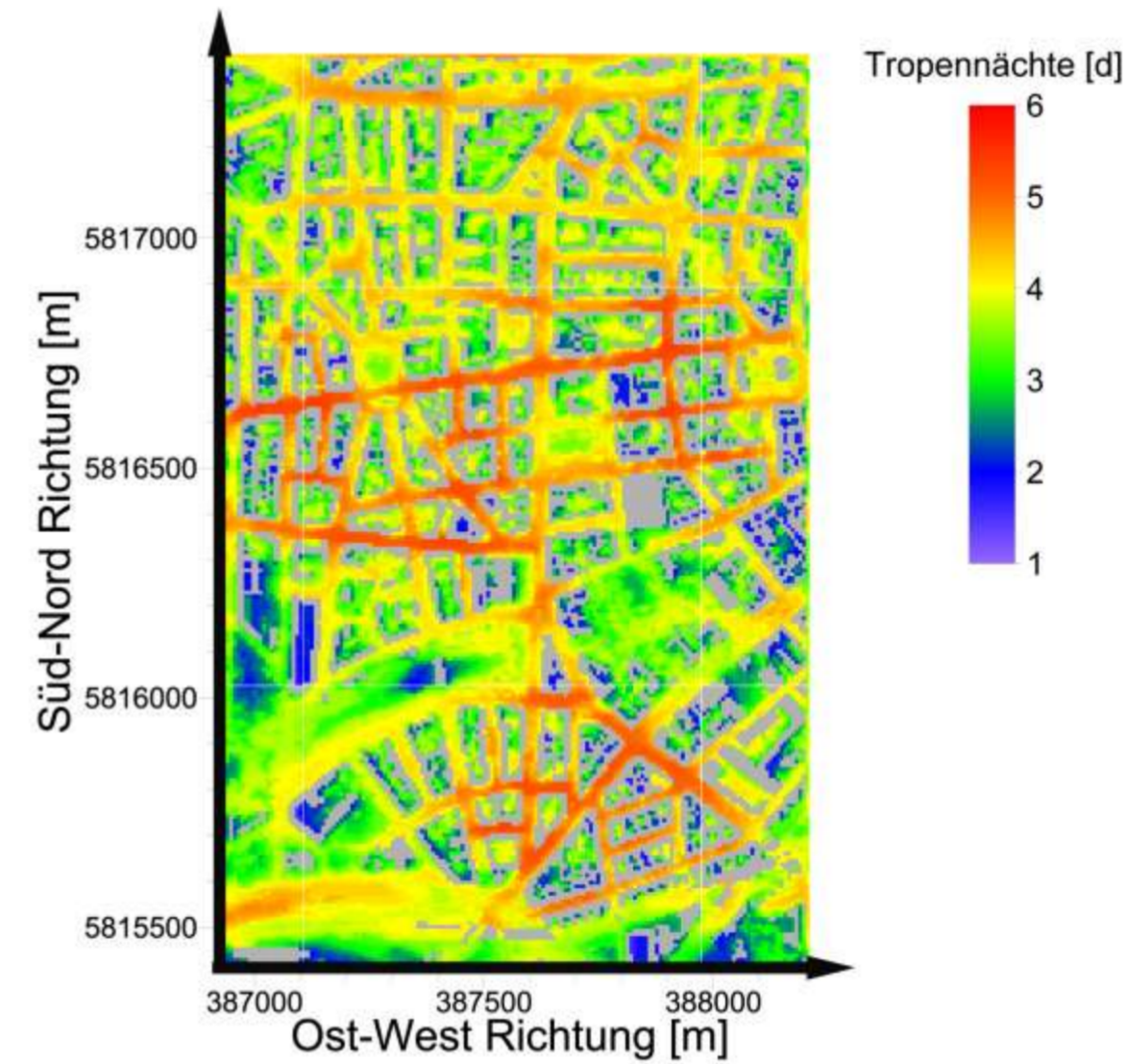


Abb. 4: Mittlere Anzahl der Tropennächte pro Gitterpunkt. In Bereichen mit dichter Bebauung und einem hohen Versiegelungsgrad ist die Anzahl mit bis zu 6 Nächten deutlich erhöht. In Grünanlagen und größeren Innenhöfen treten deutlich weniger Tropennächte auf. Die Standardabweichung ist wie bei der Messstation in der Größenordnung des Mittelwerts (s. Abb. 3).

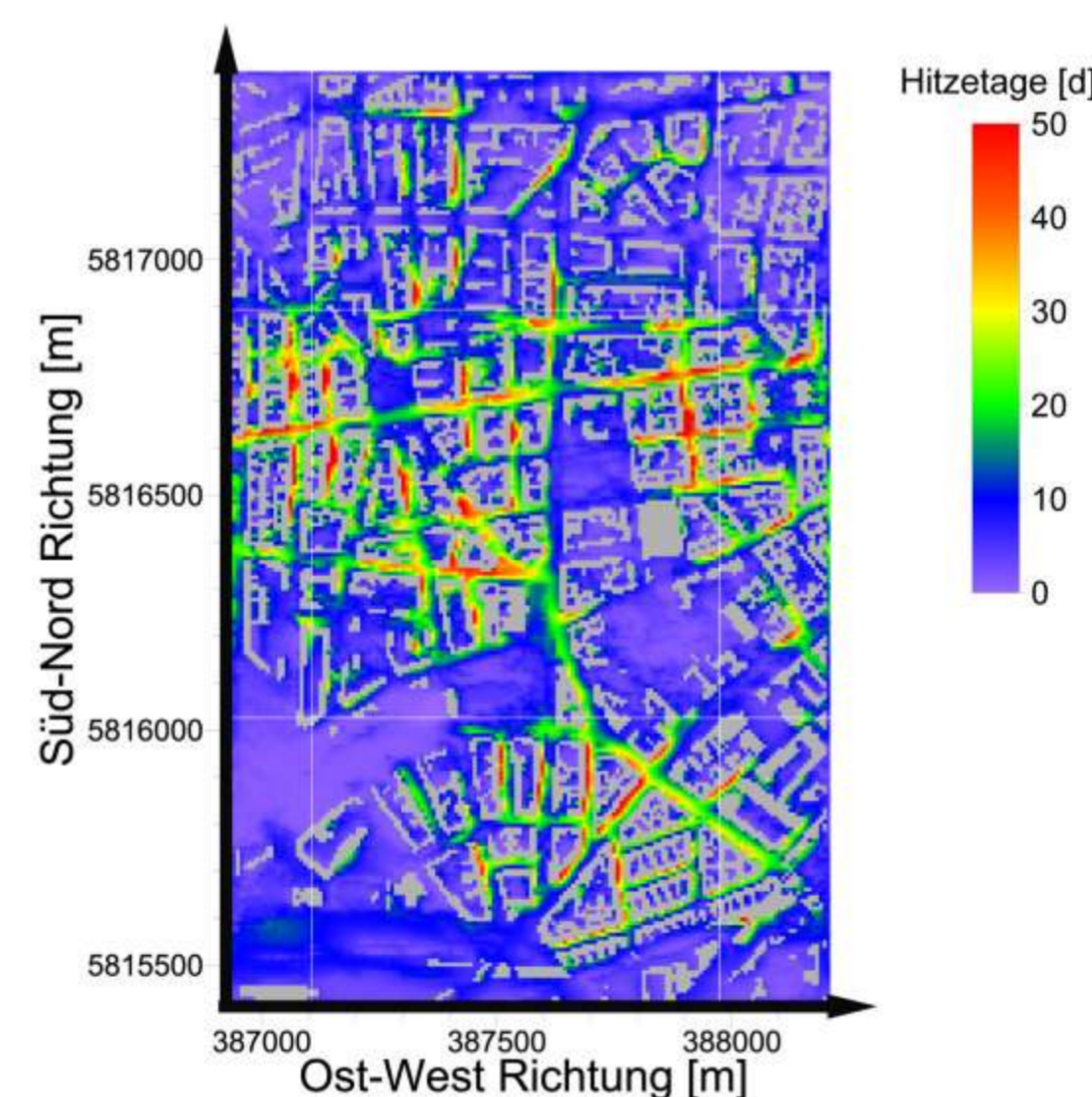


Abb. 5: Mittlere Anzahl der Hitzetage pro Gitterpunkt. Auf breiteren Hauptstraßen ohne Verschattung durch Bäume ist die Anzahl mit bis zu 50 Tagen deutlich erhöht. In den restlichen, meist verschatteten Bereichen gleicht die Anzahl der Hitzetage im Mittel denen der Messstation.

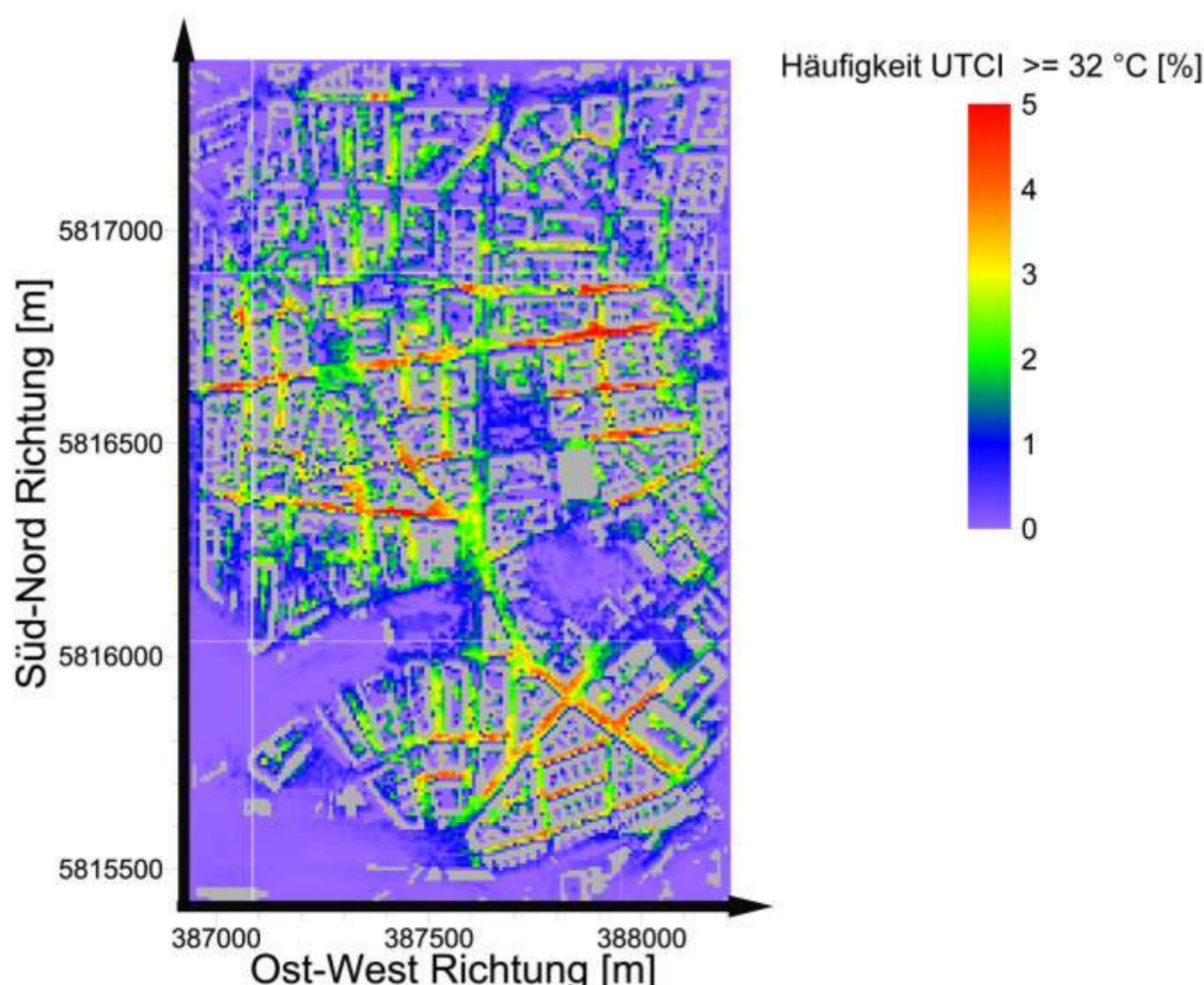


Abb. 6: Mittlere Häufigkeit von starkem bis extremem Hitzestress (UTCI ≥ 32 °C). Besonders in Bereichen die häufig direkte Sonneneinstrahlung empfangen tritt vermehrt starker bis extremer Hitzestress auf.

Methodik zur Abschätzung des Potentials von Einzelmaßnahmen

- Abschätzung des Potentials direkt über einer 1 Gitterpunkt großen Maßnahme (hier $dx = dy = 8$ m; $dz = 2$ m) auf die Lufttemperatur und den UTCI in 2 m Höhe
- Dazu Neuberechnung der Temperatur der veränderten Oberfläche (separat für das ganze Modellgebiet) zu ausgewählten Zeitpunkten ($dt = 0,5$ h) für alle 8 Simulationen des cuboids unter folgenden Annahmen:
 - gleiche Windgeschwindigkeit, turbulente Diffusionskoeffizienten und Bodentemperatur wie im Ist-Zustand
 - iterative Änderung der Lufttemperatur in 2 m Höhe über multiple Regressionsfunktion ($R^2 = 0,95$) abhängig von:
 - neuberechneter Oberflächentemperatur
 - mittlerer Oberflächentemperatur der umgebenden 5x5 Oberflächen (aus Ist-Zustand)
 - mittlerer Lufttemperatur in 2 m Höhe der umgebenden 5x5 Gitterpunkte (aus Ist-Zustand)

z. B.: Klima-Potential über einer Grasfläche

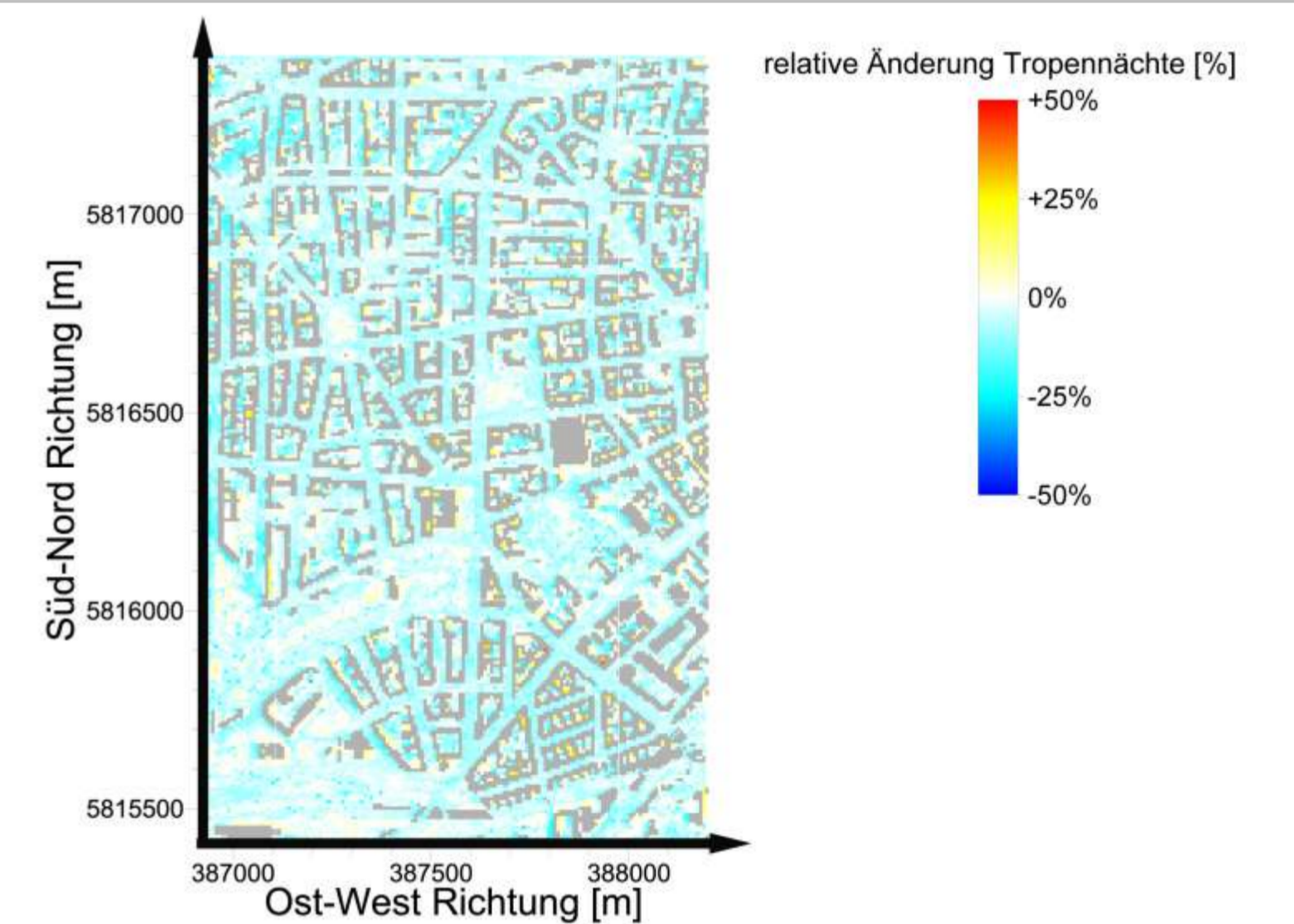


Abb. 7: Relative Änderung der mittleren Anzahl an Tropennächten. Über Bereichen mit vormals hohem Versiegelungsgrad ergibt sich eine Reduktion um 10 - 25 % auf Grund einer als geringer angenommenen Wärmeleitfähigkeit des Bodens. Die absolute Änderung ist jedoch deutlich im Bereich der Standardabweichung der Anzahl an Tropennächten.

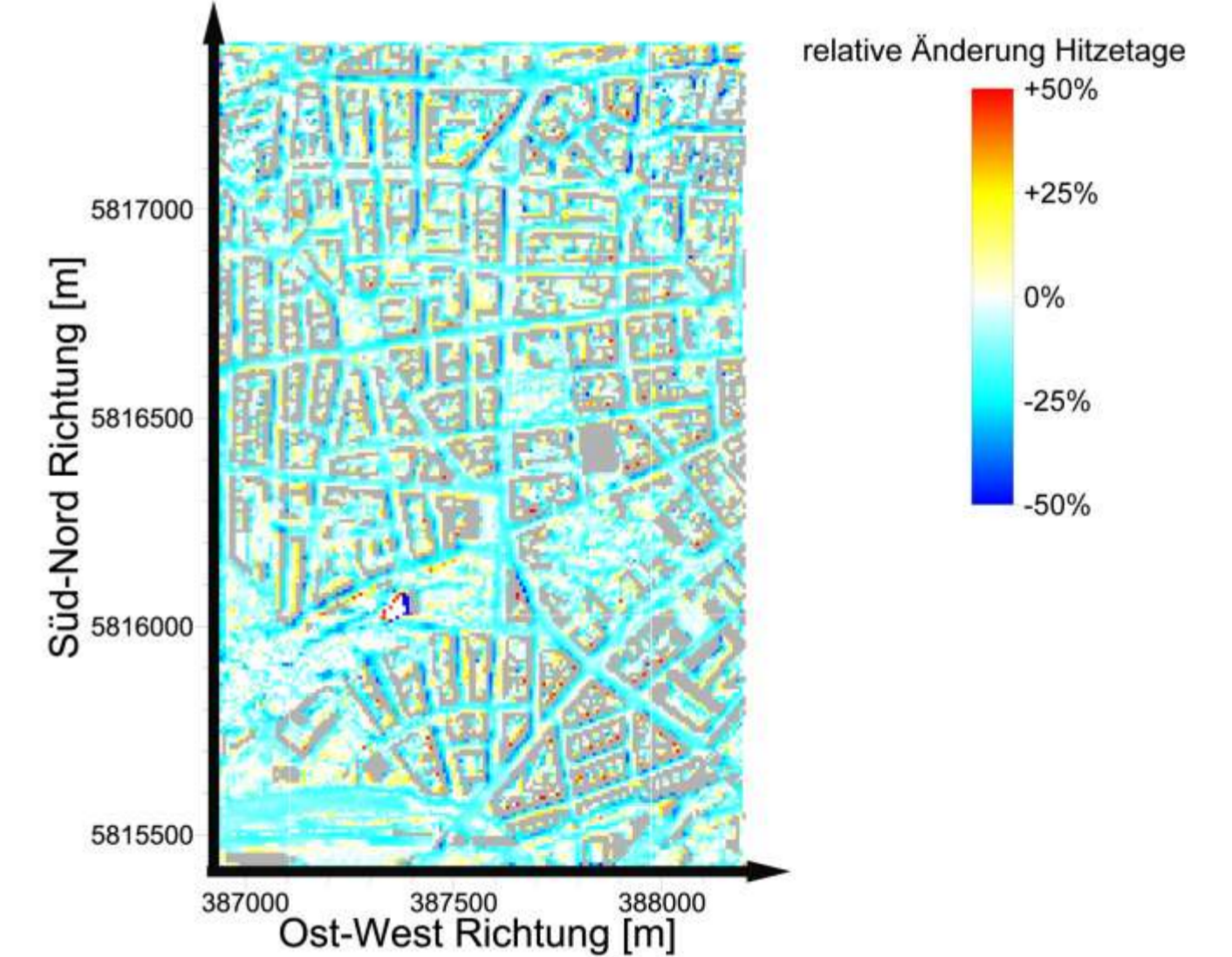


Abb. 8: Relative Änderung der mittleren Anzahl an Hitzetagen. Über versiegelten Bodenoberflächen ergibt sich eine Reduktion um 20 - 30 % auf Grund der Evapotranspiration der Grasoberfläche. In der Nähe von Gebäudewänden ergibt sich eine teils starke Änderung um bis zu +/- 50 % auf Grund von größeren Schätzfehlern der multiplen Regressionsfunktion bei hohen Temperaturen.

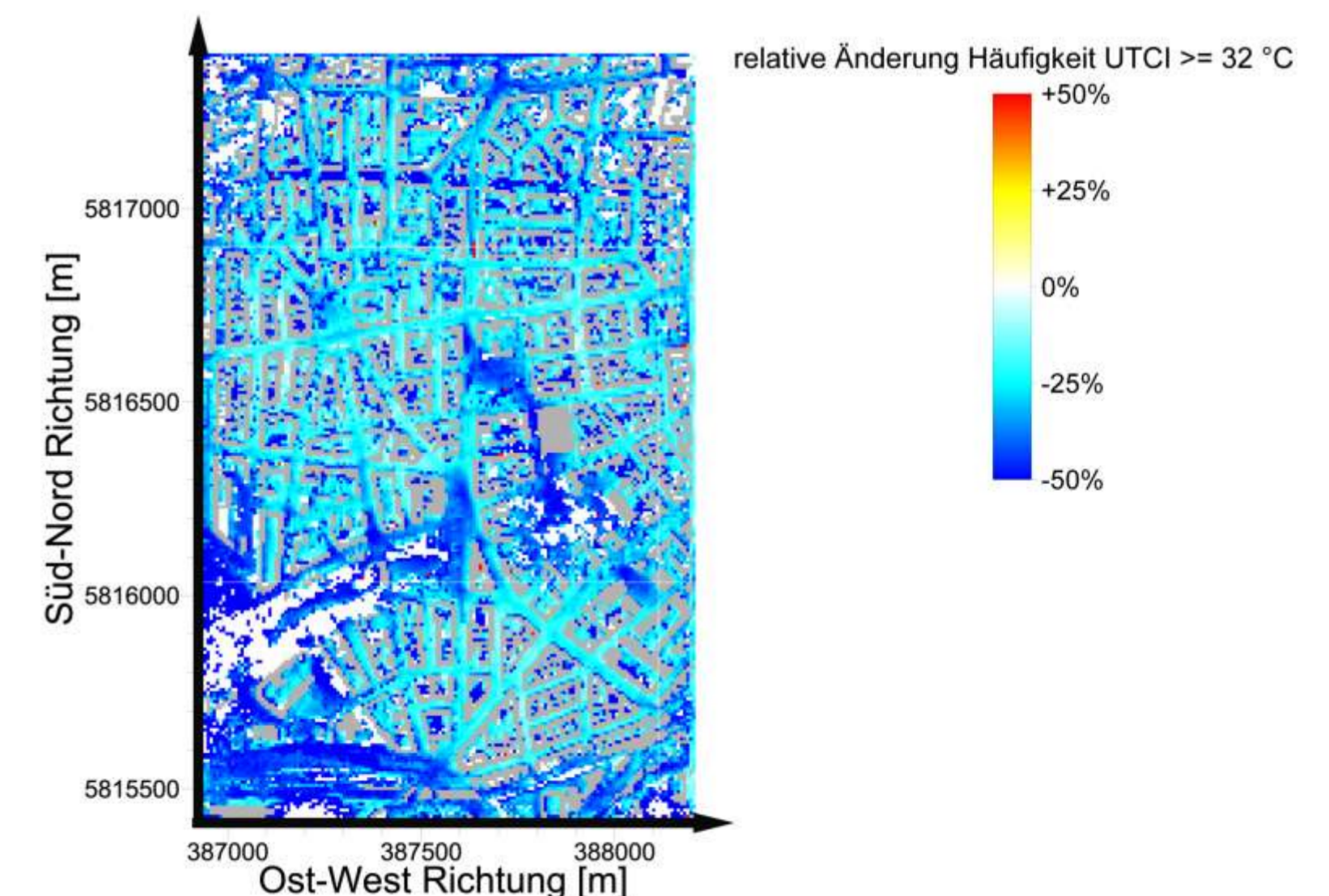


Abb. 9: Relative Änderung der Häufigkeit von starkem bis extremem Hitzestress. Ursache für die Reduktion ist meist eine geringere mittlere Strahlungstemperatur auf Grund der geringeren Albedo der Grasoberfläche.

Literatur & Danksagung

G. Gross, *Effects of different vegetation on temperature in an urban building environment. Micro-scale numerical experiments*, Meteorologische Zeitschrift 21,399-412 (2012)
 R. Günther, *The role of soil water content for microclimatic effects of green roofs and urban trees - a case study from Berlin, Germany*, Journal of Heat Island Institute International, 9-2, (2014)
 Das Projekt KURAS wird finanziert vom Bundesministerium für Forschung und Entwicklung (BMBF) im Rahmen von FONA (Forschung für Nachhaltigkeit).
 Der Autor dankt Björn Büter und Dominika Lessmann (beide GEO-NET Umweltconsulting GmbH) für die Bereitstellung der GIS-Daten.