

Räumlich und zeitlich hochauflösende Thermographie städtischer Oberflächen in Berlin

F. Meier, D. Scherer, J. Richters, J. Rogée

Technische Universität Berlin, Institut für Ökologie, Fachgebiet Klimatologie, Rothenburgstr. 12, D-12165 Berlin (fred.meier@tu-berlin.de / Tel.: +49-30-314-71324)

Die vorliegende Untersuchung befasst sich mit mikroskaligen Austauschprozessen an unterschiedlichen Oberflächen der städtischen Umwelt auf der Basis der raumzeitlichen Verteilung der Strahlungstemperatur. Die Längenskala der untersuchten Oberflächen erstreckt sich über zwei Zehnerpotenzen und reicht von Teilflächen einer Dachbegrünung bzw. von Innenhöfen typischer Berliner Blockrandbebauung bis zu Teilabschnitten innerstädtischer Straßenschluchten. Andauer und zeitliche Auflösung der Messungen orientieren sich am Tagesgang und der charakteristischen Lebensdauer turbulenter Prozesse in der bodennahen Stadtatmosphäre.

Im Detail verfolgt die Studie zwei miteinander verknüpfte Ziele. Zum einen wird die hohe räumliche Auflösung der Thermografie zur Bestimmung unterschiedlicher thermophysikalischer Eigenschaften der erfassten Oberflächen genutzt. Zum anderen können mittels der Bildzeitreihen diejenigen meteorologischen Prozesse identifiziert werden, welche die beobachteten raumzeitlichen Variationen der langwelligen Ausstrahlung bewirken.

Während einer dreiwöchigen Messkampagne auf dem Dach eines Kaufhauses im dicht bebauten Stadtteil Charlottenburg wurden Teile der Dachbegrünung, ein nordwärts gelegener Innenhof und eine West-Ost verlaufende Straßenschlucht mit einer Thermal-Infrarotkamera erfasst. Mit Aufnahmezeiten von 10 s bis 1 min wurden für den Zeitraum von je 48 Stunden Thermalbildzeitreihen der Straßenschlucht und des Innenhofes erhoben. Für kürzere Zeitabschnitte wurden zudem Messungen im 1 Hz Modus durchgeführt. Zeitgleich liefen meteorologische Messungen an drei automatischen Wetterstationen (AWS) auf dem Dach des Gebäudes. Diese umfassten auch Direktmessungen der turbulenten Wärmeflüsse mittels Eddy-Kovarianz. Die Bildzeitreihen wurden in räumliche und zeitliche Mittelwerte, Trends, und raumzeitliche Fluktuationen zerlegt. Im zweiten Schritt wurden diese Größen mit den simultan erhobenen meteorologischen Daten analysiert, um die jeweiligen Zusammenhänge zu ermitteln.

Räumliche Muster der Strahlungstemperatur zeigen deutlich abgrenzbare, kleinräumige Strukturen, die teilweise bedingt sind durch Unterschiede in den thermophysikalischen Eigenschaften der obersten Materialschichten. Die zeitliche Änderung der Strahlungstemperatur wurde für verschiedene Oberflächen analysiert und für die Abschätzung ihrer thermophysikalischen Eigenschaften herangezogen.

Die mittleren räumlichen Muster zeigen, dass in der Straßenschlucht und im Innenhof tagsüber die Einfallswinkel der direkten Solarstrahlung auf die unterschiedlich orientierten Oberflächen sowie Schatteneffekte dominieren, während nachts das räumliche Muster der Himmelssichtfaktoren (Sky-View-Factor SVF) die thermalen Muster prägt. Es zeigt sich jedoch, dass in der Nacht nicht alle Flächen bzw. ihre Strahlungstemperatur mit dem räumlichen Muster des SVF korrelieren. Raumzeitliche Variationen der Wärmespeicherung sind teils durch thermophysikalische Eigenschaften bedingt, teils aber auch das Ergebnis der Kopplung mit dem Strahlungshaushalt. Beispielsweise sind tagsüber beparkte Flächen nachts kälter als die tagsüber freien Parkplätze, da am Tage der Speicherterm durch parkende Fahrzeuge abgeschwächt wird. Städtische Oberflächen modifizieren sehr stark die turbulenten Wärmeflüsse. So können sich beispielsweise vegetationsbedeckte Flächen, die infolge von Trockenheit nur geringe latente Wärmeflüsse aufweisen, teilweise stärker erwärmen als vollständig versiegelte Flächen. In den zerlegten Bildzeitreihen wird deutlich erkennbar, dass insbesondere an Gebäudekanten und hochwachsender Vegetation turbulente kinetische Energie verstärkt produziert wird. Die Ergebnisse der Frequenzanalyse mittels der Wavelet-Methode zeigen, dass sehr hohe Fluktuationen in einem 4-5 Minuten Intervall auftreten.

Die Messungen zeigen zudem, dass nachts kurzfristige vertikale Austauschprozesse signifikante, sprunghafte Anstiege der Strahlungstemperaturen verursachen.

Ein noch ungeklärtes Phänomen besteht in der teilweise starken Abhängigkeit der Strahlungstemperaturmessung bewegter Objekte vom jeweiligen Beobachtungswinkel. Dieser Anisotropieeffekt spielt sowohl für die weitere Auswertung der bodengestützten Bildzeitreihen als auch generell für die flugzeug- bzw. satellitengestützte Thermalfernerkundung eine bedeutende Rolle und muss deshalb genauer untersucht werden.