



Kaltluftverhältnisse in Strahlungs Nächten

1. Problemstellung

Die hohe Oberflächenrauigkeit einer Stadt beeinflusst das Windfeld hinsichtlich Windrichtung (z. B. Leitwirkung von Straßenzügen) und Windgeschwindigkeit. Die erhöhte Reibung der städtischen Bebauung führt zu einer Abnahme der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit im Vergleich zur freien unbebauten Umgebung (siehe Karte Mittlere Windverhältnisse). In einer Stadt wie Dresden, die durch ihre Tallage charakterisiert ist, ist eine Verminderung der mittleren Windgeschwindigkeit bis zu 50 Prozent möglich. Während bei ausreichend hohen Windgeschwindigkeiten die Durchlüftung der Stadt im allgemeinen gewährleistet ist, trifft dies in wind-schwachen Situationen nicht mehr zu. Das gilt besonders in dem Fall, wenn außer dem horizontalen Luftaustausch auch gleichzeitig der vertikale Austausch durch stabile Temperaturschichtungen, wie z. B. bei Inversionen, behindert wird. Unter diesen Bedingungen austauscharmer Wetterlagen gewinnen örtliche Belüftungssysteme, die Kalt- und Frischluft aus dem Stadtumland in die Siedlungsgebiete transportieren, an besonderer Bedeutung. Die abkühlende Wirkung der frischen Kaltluft auf wärmebelastete Gebiete sowie die Verdünnung von Luftbeimengungen ist wesentlich für das Stadtklima und die dortige Luftqualität. Selbst bei Inversionswetterlagen bewirken die bodennahen Kaltluftzuflüsse von den Hochflächen eine (in sich) verhältnismäßig gut durchmischte Stadtgrenzschicht.

Kaltluft wird vorwiegend in Strahlungs Nächten (wolkenarmer Himmel bei nahezu Windstille) über vegetationsgeprägten Freiflächen, wie Wiesen, Feldern, Parkanlagen und Wäldern gebildet. Die Abkühlung der Luft über einem Gebiet ist dabei stark abhängig von den thermischen Stoffeigenschaften der Oberfläche. So kühlen Wiesen und damit die darüber liegende Luftschicht stärker aus als z. B. die Luft über bewaldeten Flächen. Aber auch die Größe der Fläche trägt entscheidend zur wirksamen Bildung von Frischluft bei. Zusätzliche Kaltluftentstehungsflächen und deren Vernetzung ermöglicht eine bedeutsame Steigerung der Kaltluftproduktion. Bei einer hinreichend ausgebildeten Schichtdicke der Kaltluft fließt diese bodennah aufgrund ihrer Temperatur- und Dichteunterschiede im Vergleich zur Umgebungsluft an geneigten Flächen abwärts (Hangabwinde). Sie sammelt sich (vergleichbar mit dem Abfluss von Niederschlagswasser) in Geländeeinschnitten (z. B. Bachtäler) und fließt mit zunehmender Schichtdicke und Fließgeschwindigkeit entlang dieser Einschnitte weiter talwärts (Berg-/Talwinde), um letztlich größere orographische Senken und Mulden zu füllen und dort zum Stillstand zu kommen (Kaltluftsammelgebiete). Vor

Hindernissen, die eine solche Strömung behindern, entstehen Staubereiche (Kaltluftstau), die durch die nachfließende Kaltluft zeitverzögert je nach Hinderniskonfiguration dann weiter um- oder überströmt werden können.

Voraussetzung für eine positive Lufterneuerung durch die hang- oder talabwärts fließenden Luftströmungen sind:

- das Vorhandensein ausreichend großer Kaltluftentstehungsflächen,
- das ungehinderte Abfließen der Kaltluft zum Stadtgebiet (freies Strömungsfeld bzw. freie Frischluftschneisen mit möglichst geringer Oberflächenrauigkeit),
- keine Ansiedlung von Industrie- und Gewerbegebiete mit Schadstoffemissionen sowie keine stark befahrenen Straßen im Bereich des Strömungsfeldes.

2. Datengrundlage

Kartengrundlage bildet die durchgeführte Kaltluftrechnung mit dem Kaltluftmodell KALM (Eigenentwicklung des Ingenieurbüros Lohmeyer GmbH & Co.KG Karlsruhe), die u.a. auf folgenden Daten basiert:

- digitales Höhenmodell der Stadt Dresden sowie des Umlandes,
- digitales Modell der Bebauung (2006),
- digitalen Landnutzungsdaten über die Biotoptypenkartierung (1999)
- Luftbilder des Stadtgebietes (2006/2007) und der Umgebung (1996),
- Vergleich mit Messdaten der Messkampagne (Klimamesprogramm siehe Freydank, 2008) und des DWD 1994.

3. Methode

Die Berechnung und Darstellung der Kaltluftbildung, des Kaltluftabflusses aus diesen Gebieten entlang Täler und Schneisen sowie die Sammlung der Kaltluft in Senken und Becken erfolgte mit dem numerischen Modell KALM. Dazu wurde das digitale Höhenmodell mit einer horizontalen Auflösung von 50 m x 50 m für das gesamte Kaltluftbezugsgebiet (etwa 50 km x 65 km) aufbereitet, das weit in das tschechische Gebiet

hineinreicht. Das eigentliche Untersuchungsgebiet ist mit rund 20 km x 20 km deutlich kleiner. Damit wird insbesondere das Elbtal als Einschnitt in die Landschaft und seine Einflüsse auf meteorologische Elemente ausgezeichnet wiedergespiegelt. Grundlage für die verwendete Landnutzung innerhalb des Stadtgebietes bildete die Biotoptypenkarte Dresdens (1999) in Verbindung mit Luftbildern.

Der Vergleich der Rechenergebnisse mit vorliegenden Messungen zeigt eine überwiegend gute Übereinstimmung sowohl bezüglich Kaltluftfließrichtung als auch Kaltluftgeschwindigkeit, so dass die Verhältnisse im Stadtgebiet gut wiedergegeben werden. Dennoch handelt es sich um eine Modellsimulation mit Eingangsparametern, Randbedingungen und einer modellbedingten Auflösungsgrenze. Abweichungen zur Realität können insbesondere bei Betrachtung sehr kleinräumiger Gebiete, die vom Modell nicht aufgelöst werden, auftreten.

4. Kartenbeschreibung

Die für Strahlungsnächte typischen Prozesse sind für das Stadtgebiet Dresden in den Einzelkarten für die Zeitpunkte Sonnenuntergang, Mitternacht und Sonnenaufgang dargestellt. Dabei sind jeweils die Kaltluftschichtdicke [m] und der spezifische Kaltluftvolumenstrom [$\text{m}^3/\text{m}^2\text{s}$] sowie für Sonnenuntergang und Mitternacht die Fließgeschwindigkeit [m/s] der Kaltluft dargestellt. Die Schichtdickenangaben beziehen sich allein auf die Obergrenzen der Kaltluft. Die Fließrichtungen und Geschwindigkeiten sowie Volumenströme sind durch Pfeile (und damit selbst erklärend) dargestellt.

Zu Sonnenuntergang beginnt die langwellige Ausstrahlung und dementsprechend die Abkühlung der Oberflächen, insbesondere der Freiflächen im Stadtumland. Die angrenzende Luftschicht kühlt sich daraufhin ebenfalls ab. Kaltluft wird gebildet, die dem Gefälle bzw. den Bereichen mit geringer Oberflächenrauigkeit folgend abfließt. So bilden sich entlang der Täler rasch die ersten Kaltluftflüsse.

Im Laufe der Nacht intensivieren sich die Kaltluftflüsse. Kleinere Ströme vereinigen sich aufgrund von Strömungseigenschaften zu größeren Abflüssen (Luftleitbahnen). Bis Mitternacht füllt sich das gesamte Elbtal mit Kaltluft.

Stadtstrukturen können dabei den Fluss behindern bzw. durch die Abwärme der Gebäude die Kaltluft erwärmen und dadurch aufzehren. Diesen Effekt sieht man recht eindrucksvoll in der herabgesetzten Kaltluftschichtdicke im inneren Stadtbereich.

Vor Sonnenaufgang erreichen die modellierten Kaltluftströme und -schichtdicken ihre größte Mächtigkeit. Ein bedeutender Kaltluftstrom parallel zum Elbtal füllt nun die gesamte Talsohle aus.

5. Literatur

- Gutachten „Überarbeitung der Klimakarten der Landeshauptstadt Dresden“ Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co.KG, Radebeul 2008.

Impressum

Herausgeber
Landeshauptstadt Dresden

Umweltamt
Telefon (03 51) 4 88 62 01
Telefax (03 51) 4 88 99 62 03
E-Mail umweltamt@dresden.de

Amt für Presse-, Öffentlichkeitsarbeit und
Protokoll
Telefon (03 51) 4 88 23 90
Telefax (03 51) 4 88 22 38
E-Mail presse@dresden.de

Postfach 12 00 20
01001 Dresden
www.dresden.de
facebook.com/stadt.dresden

Zentraler Behördenruf 115 – Wir lieben Fragen

Redaktion: Franziska Reinfried

August 2023

Elektronische Dokumente mit qualifizierter elektronischer Signatur können über ein Formular eingereicht werden. Darüber hinaus gibt es die Möglichkeit, E-Mails an die Landeshauptstadt Dresden mit einem S/MIME-Zertifikat zu verschlüsseln oder mit DE-Mail sichere E-Mails zu senden. Weitere Informationen hierzu stehen unter www.dresden.de/kontakt. Dieses Informationsmaterial ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit der Landeshauptstadt Dresden. Es darf nicht zur Wahlwerbung benutzt werden. Parteien können es jedoch zur Unterrichtung ihrer Mitglieder verwenden.