

Urbane Wärmeinseln im Untergrund

Wo Menschen leben, beeinflussen sie auch die Umwelt. Besonders stark prägt der Mensch natürliche Systeme im Bereich von Städten, wodurch sich das Klima in Großstädten oft deutlich von dem im ländlichen Umland unterscheidet. Flächenversiegelung, Abstrahlung von Gebäuden und Fahrzeugen und fehlende Vegetation führen zu einem urbanen Mikroklima mit oft stark erhöhten Lufttemperaturen. Der thermische Einfluss einer Stadt zeigt sich jedoch auch unter der Erdoberfläche. Über Jahrzehnte hinweg haben verschiedene Faktoren wie Gebäudekeller, Tunnel, Tiefgaragen, Abwassersysteme, Nahwärmenetze und Geothermieanlagen, welche in den Sommermonaten zur Kühlung genutzt werden, kontinuierlich Wärme in den Untergrund eingebracht (Abb. 1).

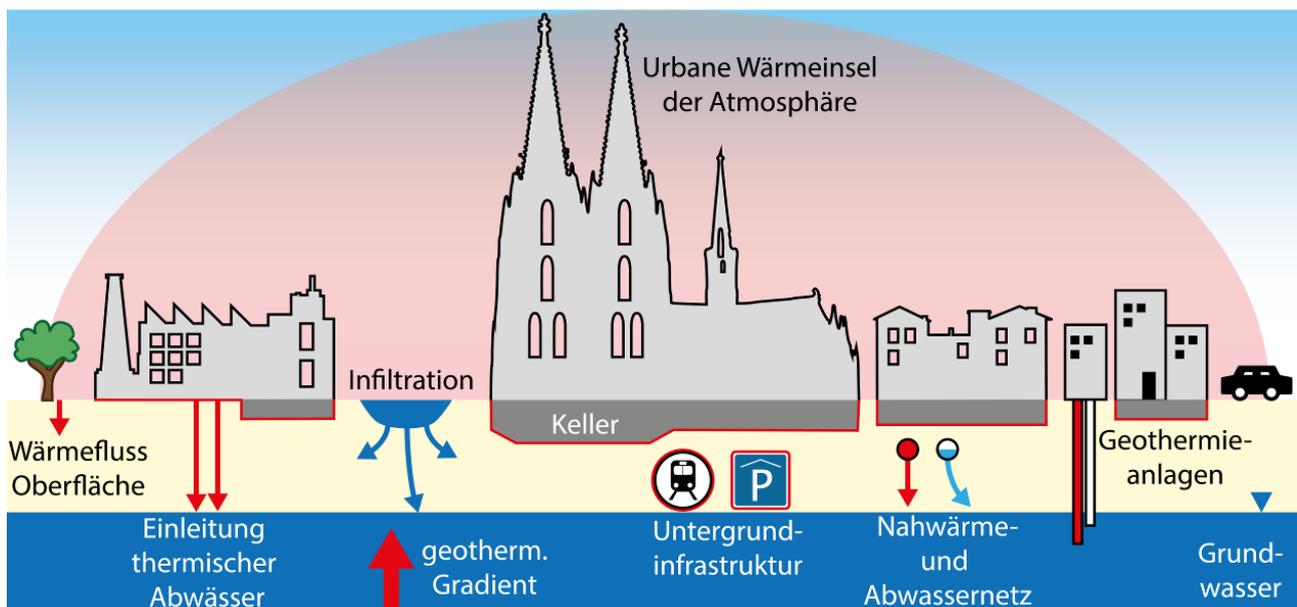


Abbildung 1: Wärmetransportprozesse im Untergrund urbaner Wärmeinseln.

Als Folge finden sich heute unter den meisten Stadtgebieten ausgedehnte Temperaturanomalien. Solche „Urbanen Wärmeinseln im Untergrund“ (engl.: subsurface urban heat islands, SUHIs) wurden bisher vor allem in gemäßigten und kalten Klimazonen beschrieben. Menberg et al. (2013) haben die oberflächennahen Untergrundtemperaturen in sechs deutschen Städten untersucht und stellten eine Erwärmung von 2 bis 6 K zwischen Untergrundtemperaturen im Stadtzentrum und dem ländlichen Umland fest. Die Temperaturanomalien erstrecken sich sowohl lateral als auch vertikal in die Tiefe, und haben oft ein stark ausgeprägtes Maximum in den zentralen Bereichen einer Stadt (Abb. 2).

Aktuell läuft zu diesem Thema ein Projekt, welches die Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der urbanen Wärmeinsel der Stadt Köln behandelt. Über numerische und analytische Modellrechnungen werden in dem Projekt die zeitliche Entwicklung seit den 1970er Jahren bis heute abgebildet, um zukünftige Entwicklungen bestimmen zu können. Seit den 1970er Jahren hat sich die Temperatur im Stadtzentrum Kölns um mehr als 3 K erhöht, wo hingegen die Temperatur im ländlichen Raum im Mittel um 1 K angestiegen ist. Verglichen mit dem beobachteten Trend in Luft- und Landoberflächentemperaturen von 0,2 bzw. 0,1 K pro Dekade, zeigt sich sogar eine noch stärkere Erwärmung in den oberflächennahen Schichten seit den 1970er Jahren von im Mittel 0,3 K in zehn Jahren.

Temperaturerhöhungen des Untergrunds können Auswirkungen auf die Grundwasserqualität und den chemischen Stoffhaushalt haben (Brielmann et al., 2009). So begünstigen höhere Temperaturen die mikrobielle Aktivität und chemische Lösungsprozesse. Dies ist vor allem für Städte wichtig, in denen Trinkwasser direkt im Stadtgebiet gewonnen wird, wie beispielsweise in Berlin. Erhöhte Grundwassertemperaturen bedeuten aber auch ein erhöhtes Potential für die Nutzung oberflächennaher Geothermieanlagen zur Wärmezeugung (Zhu et al., 2010). Dem entgegen steht die thermische Nutzung des Untergrundes in den Sommermonaten als eine effiziente und klimafreundlichere Alternative zu Klimaanlage zur Kühlung von Gebäudekomplexen.

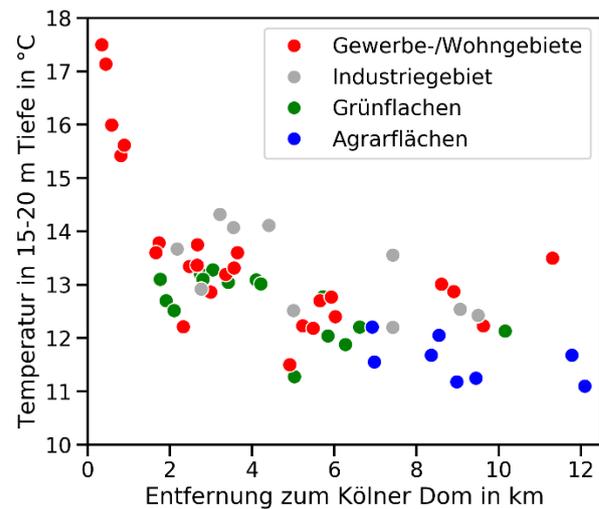


Abbildung 2: Kölner Grundwassertemperaturen in 09/2018. Temperaturwerte sind Mittelwerte zwischen 15 und 20m Tiefe. Die saisonalen Schwankungen sind dort kleiner als 0.1 K.

Oft werden geothermische Systeme auch für beide Anwendungen betrieben, um ganzjährig Gebäude zu klimatisieren. Eine geregelte Nutzung des städtischen Untergrunds als Wärmespeicher kann deshalb einen Beitrag zur Energiewende und zur Einhaltung der Klimaschutzziele des Pariser Klimaabkommens leisten.

Um möglichst langfristige städtische Nutzungsszenarien zu entwerfen, reicht jedoch das bestehende Wissen zur dynamischen Entwicklung von SUHIs nicht aus. So wissen wir bis heute zu wenig über die zeitliche Entwicklung der Temperaturen im städtischen Untergrund, um die zukünftige räumliche Ausbreitung über Jahrzehnte prognostizieren zu können. Dies wird erschwert durch die Überprägung der vom Mensch verursachten Temperaturanstiege, durch saisonale Schwankungen und den Klimawandel, der sich auch im Untergrund widerspiegelt.