



Extensives Gründach mit einer Gesamtgröße von rund 8.600 m² am Flughafen Berlin-Brandenburg.

FOTO: JANNIK HEUSINGER

ÜBER WÄRME-INSELN, VERDUNSTUNG, KÄLTSTRESS UND DIE CO₂-FESTLEGUNG

Stadtgrün – die Bedeutung des urbanen Grüns für das Stadtklima

Die in unterschiedlicher Intensität auftretenden Stadtklima-Effekte sind weltweit in städtischen Gebieten zu beobachten. Viele dieser Stadtklima-Effekte gehen mit negativen Auswirkungen auf die Bewohner der Städte einher. Verbesserungen sind möglich.

von **Stephan Weber**,
Technische Universität Braunschweig,
Institut für Geoökologie



Energieaustausch zwischen Oberfläche und Atmosphäre an vegetationsbestandenen Standorten. Die Wärmeflüsse latenter Wärme (Verdunstung) sind mit blauen Pfeilen gekennzeichnet, der fühlbare Wärmefluss mit roten Pfeilen. GS bezeichnet die kurzwellige Einstrahlung der Sonne (Globalstrahlung).

GRAFIK: FIW, 2013

Im Vergleich zum nicht bebauten Umland sind Städte durch ein verändertes Klima gekennzeichnet. Die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) definiert das Stadtklima als eine durch den Menschen verursachte Klimamodifikation der bodennahen Luftschicht, die durch Wechselwirkung mit der Bebauung sowie durch die Abgabe von Wärme und Luftbeimengungen hervorgerufen wird.

Wärme-Inseln

Zu den bekanntesten Phänomenen des Stadtklimas gehört die Ausbildung der sogenannten urbanen Wärme-Insel, die eine höhere bodennahe Lufttemperatur des Stadtgebiets im Vergleich zum Umland der Städte beschreibt. Die Intensität der Wärme-Insel erfährt üblicherweise in den dichter bebauten Stadtzentren die stärkste Ausprägung, während sie zum Stadtrand abnimmt (s. Abb.)

Die Überwärmung tritt vor allem in windstarken und unbewölkten Sommernächten auf. Städtische Baumassen geben dann die tagsüber gespeicherte Sonnenenergie nachts nur zeitverzögert an die Atmosphäre ab, während das Umland schneller auskühlt. Die physikalischen Eigenschaften der Baumaterialien einer Stadt können jedoch auch während des Tages höhere Oberflächentemperaturen im Vergleich zum Umland herausbilden. Hiervon sind vor allem die aus künstlichen Baumaterialien errichteten Oberflächen wie Hausfassaden und Straßen gekennzeichnet, die leicht Werte von mehr als 70°C erreichen können. Viele Stadtbewohner*innen haben die sommerliche Wärmebelastung sicherlich schon am eigenen Leibe erfahren und festgestellt, wie

heiß eine Asphaltoberfläche an einem sonnigen Sommertag werden kann.

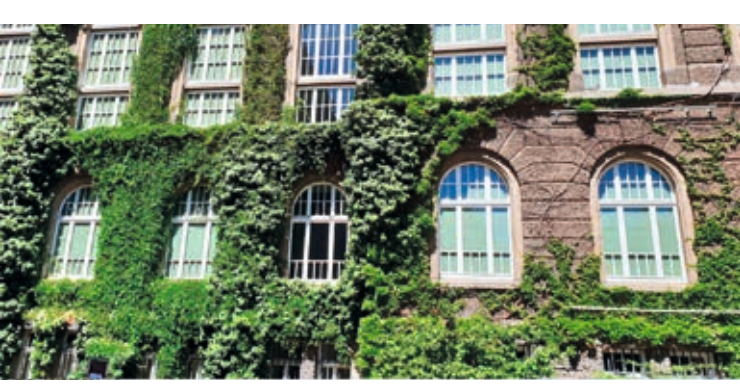
Positive Effekte durch Vegetation

Zur Verminderung der städtischen Überwärmung werden seit einigen Jahren die positiven Effekte der städtischen Vegetation beziehungsweise des sogenannten urbanen Grüns (auch als grüne Infrastruktur bezeichnet) versteht man das Netzwerk vegetationsbestandener Flächen innerhalb von Städten. Dazu gehören Parkanlagen, Kleingärten, vegetationsbestandene Freiflächen und Straßenbegleitgrün sowie gebäudegebundene Begrünung, zum Beispiel Dach- und Fassadenbegrünung. Weiterhin werden auch Stadtbäume zur grünen Infrastruktur gezählt.

Stadtgrün kann sich in zweierlei Hinsicht positiv auf die Verminderung der urbanen Überwärmung auswirken: durch Verdunstungskühlung infolge der Transpiration von Wasser aus den Spaltöffnungen der grünen Vegetation und durch Beschattung (s. Abb.). Die Verdunstung von Wasser benötigt mit rund 2,45 MJ pro kg Wasser (bei 20°C Lufttemperatur) eine beträchtliche Menge an Energie.

Verdunstung

Bei der energetischen Betrachtung des Stadtklimas spielt die Verdunstung eine wichtige Rolle. Vegetationsbestandene und ausreichend wasserversorgte Oberflächen setzen einen hohen Anteil der durch die Sonne eingestrahlten Energie (Globalstrahlung, GS) in den sogenannten Verdunstungswärmefluss (latenter Wärmefluss, Q_e) um, sodass der An-



Beispiele für urbanes Grün. Links: Fassadenbegrünung des Städtischen Museums in Braunschweig. Rechts: Freifläche in einer Siedlung in Bottrop, Ruhrgebiet.

FOTO: JANNIK HEUSINGER, STEPHAN WEBER

teil zur direkten Erwärmung der Luft (fühlbarer Wärmefluss, Q_H) vermindert wird. Aus diesem Grund weisen vegetationsbestandene und wasserversorgte Oberflächen in der Regel niedrigere Oberflächentemperaturen und bodennahe Lufttemperaturen als versiegelte Flächen auf. Entsprechend können Unterschiede in den Wärmeflüssen zwischen Stadt und Umland gemessen werden. Dies zeigte sich im Rahmen einer Untersuchung in Basel (Christen und Vogt, 2004). Hier wurden an einem Umlandstandort mit überwiegender Grasbewuchs rund 80 % der durch Sonneneinstrahlung verfügbaren Energie an der Erdoberfläche in Verdunstung umgesetzt. An den drei Stadtstandorten mit Grünflächenanteilen von weniger als 30 % hingegen wurde weniger als ein Fünftel der Energie in Verdunstung umgesetzt. Der weitaus größere Teil stand an diesen Standorten folglich als fühlbare Wärme zur direkten Erwärmung der bodennahen Luftschicht zur Verfügung.

Schattenwirkungen

Zur Verminderung der Wärmebelastung des Menschen ist darüber hinaus schattenspendende Vegetation am Tag von großem Wert, da diese aufgrund der Verminderung der Globalstrahlung durch das Blätterdach zu einer deutlichen Absenkung der sogenannten mittleren Strahlungstemperatur in Boden-

nähe führt. Die mittlere Strahlungstemperatur beschreibt den Wärmeeintrag durch die kurzwellige Einstrahlung der Sonne sowie den zusätzlichen Eintrag der Wärmestrahlung aller umgebenden Oberflächen in einer Stadt. Für das Mikroklima und die Wärmebelastung des Stadtbewohners ist demnach die dreidimensionale Ausgestaltung der jeweiligen Umgebung von Bedeutung. Verschattete Bereiche führen besonders an heißen Tagen im Vergleich zu besonnten Arealen zu einer deutlich niedrigeren Wärmebelastung für den Menschen.

Im Winter kann an verschatteten Standorten allerdings Kältestress auftreten, sodass bei der Ausarbeitung von Bebauungsplänen darauf geachtet werden sollte, dass städtische Plätze immer sowohl sonnige als auch schattige Areale aufweisen.

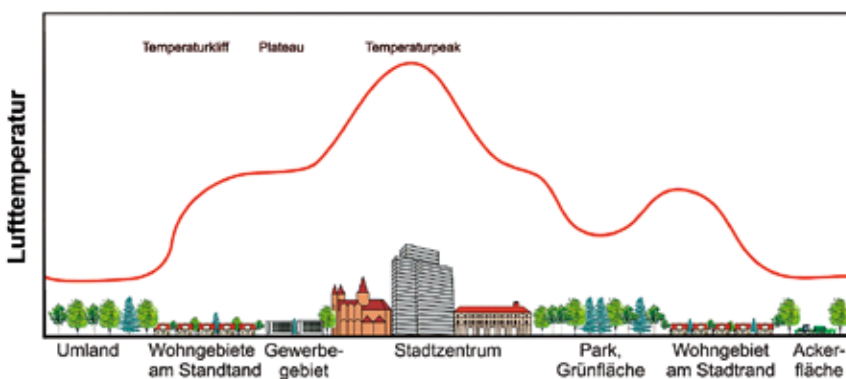
Festlegung von Treibhausgasen

Im Rahmen der Bemühungen um einen verbesserten städtischen Klimaschutz kann urbanes Grün über die Aufnahme und Speicherung des Treibhausgases Kohlendioxid (CO_2) einen weiteren Beitrag leisten. Grüne Vegetation kann mittels Photosynthese CO_2 zum Aufbau von Biomasse aus der Atmosphäre entnehmen. In den vergangenen Jahren wurde zur Frage geforscht, welches Potenzial Stadtbäume als CO_2 -Senken dar-

stellen. Der Begriff der Senke deutet darauf hin, dass die Aufnahme von CO_2 durch Photosynthese die gleichzeitige Veratmung und Abgabe von CO_2 aus Vegetation und Böden in der Bilanz überwiegt. Für Stadtbäume ist beispielsweise bekannt, dass diese je nach Art unterschiedlich hohe Mengen CO_2 festlegen können. Die Größenordnung kann über sogenannte allometrische Gleichungen berechnet werden. Dazu werden Beziehungen zwischen charakteristischen Abmessungen von Bäumen (zum Beispiel Stammumfang, Wuchshöhe) und dem Biomassezuwachs sowie der daraus folgenden Kohlenstofffestlegung betrachtet.

Unsere Arbeitsgruppe an der TU Braunschweig forscht unter anderem zur Frage der CO_2 -Aufnahme von Gründächern. Mehrjährige Messungen auf einem extensiven Gründach am Flughafen Berlin konnten nachweisen, dass es eine robuste CO_2 -Senke darstellt, die in jedem Messjahr mehr CO_2 aus der Atmosphäre aufnimmt, als es veratmet (s. Abb.).

Die Funktion des urbanen Grüns darf in der Diskussion um Reduktionen von Treibhausgasen jedoch nur als zusätzliche Wirkung aufgefasst werden. Die weitaus wichtigere Aufgabe besteht in der weiteren Reduktion des primären Ausstoßes von CO_2 , vor allem aus Verbrennungsprozessen. ◀



Schematischer Verlauf der urbanen Überwärmung vom Stadtrand zum Stadtzentrum. Die rote Linie beschreibt die Ausprägung des Lufttemperaturunterschiedes zwischen Stadt und Umland.

GRAFIK: HENNINGER UND WEBER, 2020

Literaturhinweise:

Christen, A. und Vogt, R., 2004. Energy and radiation balance of a central European city. *International Journal of Climatology*, 24(11): 1395-1421.

FIW, 2013. Städtebauliche Vorstudie „In wie weit lassen sich durch präventive bauliche Maßnahmen negativ wirkende Mikroklima positiv beeinflussen bzw. verbessern?“, Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e.V., Aachen, 275 S. (unveröffentlichter Bericht)

Henninger, S. und Weber, S., 2020. Stadtklima. Ferdinand Schöningh, Paderborn, 260 pp.