

Stadtklima und Klimawandel

Pilotprojekt Urban Green & Climate – Faktenblatt I



Stadtklima und Klimawandel

Städte und Siedlungsgebiete sind vom Klimawandel besonders betroffen. Einerseits werden klimatische Effekte durch stadtspezifische Gegebenheiten wie beispielsweise die eingeschränkte Windzirkulation, fehlende Beschattung und Grünflächen oder die Absorption der Sonneneinstrahlung durch versiegelte Flächen verstärkt. Andererseits sind Städte wegen der hohen Bevölkerungsdichte besonders empfindlich gegenüber einer klimabedingten Zunahme von Extremereignissen. Wie sich diese Effekte im Detail ausprägen ist stark von Art und Ausmass der baulichen Nutzung, der Stadtstruktur sowie standörtlicher und lokalklimatischer Besonderheiten abhängig. Die Ausprägung eines typischen Stadtklimas ist in erster Linie abhängig von der Stadtgrösse, aber auch von der Geländeform, der Bebauungsstruktur und dem Freiflächenanteil. Die in der Stadt Bern gemessenen Jahres Durchschnittstemperaturen liegen 1 – 2°C über den Temperaturen im ländlichen Umland. In Folge des Klimawandels ist in der Region Bern bis Ende des Jahrhunderts mit einer Erhöhung der Durchschnittstemperatur um 4°C zu rechnen.

Folgende Einflussfaktoren sind für das Stadtklima von Bedeutung:

1) Bebauung

Gegenüber der freien Landschaft ist in einer Stadt die Energiebilanz, die im Wesentlichen durch die kurzweilige Einstrahlung der Sonne und die langweilige Abstrahlung von Wärme bestimmt wird, stark verändert. Ein wesentlicher temperaturerhöhender Faktor ist die dichte Bebauung, denn das Baumaterial der Städte hat eine höhere Wärmekapazität, als der Boden oder die Vegetation des Freilandes. Diese Eigenschaft ruft den so genannten Wärmeinsel-Effekt hervor, der zu einer Überwärmung der Stadt gegenüber dem Freiland führt (siehe Abbildung 1). So wird die Wärme während des Tages gespeichert und abends und nachts langsam an die Umgebungsluft abgegeben, was zu einer Verringerung der Abkühlungsrate führt.

Die erheblich grössere Bodenrauigkeit³² einer Stadt im Vergleich zum Umland hat auch stärkere Auswirkungen auf das Windfeld. Die erhöhte Reibung führt einerseits zu einer Abbremsung der Strömung und damit zu geringeren Windgeschwindigkeiten innerhalb der Stadt, was eine Verringerung der Frischluftzufuhr zur Folge hat. Andererseits wird die Luft beim Überströmen der Gebäude zum Aufsteigen gezwungen. Die vielfältigen Strömungshindernisse führen schliesslich auch zu einer erhöhten Luftturbulenz im Stadtgebiet.

³² Bezeichnung für die Unebenheit der Erdoberfläche und der damit verbundenen Reibungswirkung auf die Luftströmung.

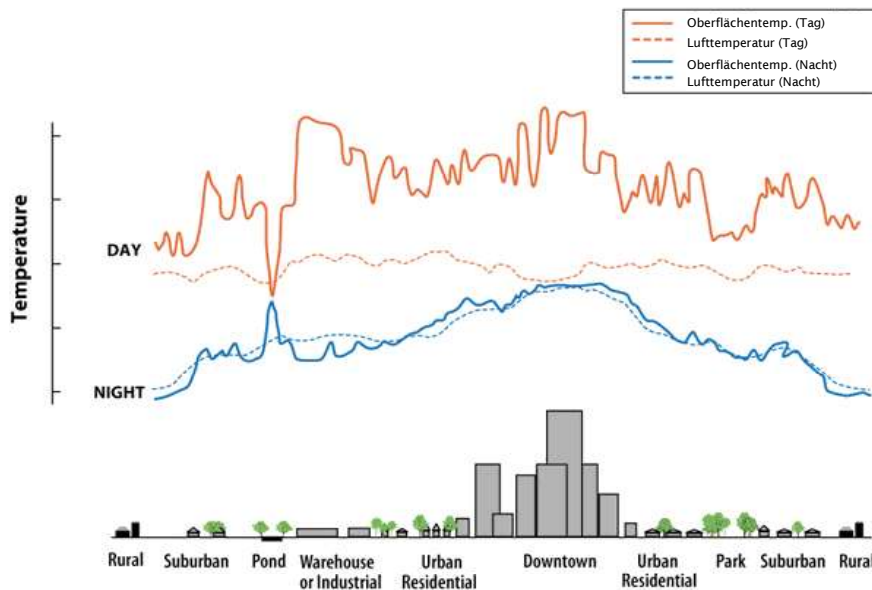


Abbildung 1 Wärmeinseleffekt. Während des Tages äussert sich der Stadteffekt vor allem in einer verstärkten Erwärmung versiegelter Oberflächen. Die Lufttemperatur dahingegen unterscheidet sich nicht gross vom Umland. In der Nacht führt die von den Oberflächen abgegebene Wärme zu einer Erwärmung der bodennahen Luftschichten und verhindert so, zusammen mit einer reduzierten Durchlüftung, die nächtliche Abkühlung (EPA 2016).

2) Versiegelung und fehlende Vegetation

Ein sehr hoher Anteil der Fläche in Stadtzentren ist in der Regel bebaut, asphaltiert oder anderweitig verfestigt. Es sind die Freiflächen, die am Versickerungsprozess beteiligt sind und den Grundwasserspiegel regulieren. Während bei den versiegelten Flächen die Verdunstung auf die Zeit unmittelbar nach den Niederschlägen beschränkt ist, tritt in den Freiflächen eine kontinuierliche Verdunstung auf, bei welcher der Umgebung Energie entzogen wird und somit eine Abkühlung eintritt.

3) Luftverunreinigungen und Abwärme

Die in den Städten ausgestossenen Luftverunreinigungen entstehen hauptsächlich durch motorisierten Verkehr, Heizungen, Gewerbe und Industrie. Zu den wichtigsten Emissionen zählen Stickstoffoxide, Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Staub. Neben gesundheitlichen Auswirkungen für die Menschen, trübt die Luftverschmutzung die Atmosphäre und verändert dadurch den örtlichen Strahlungshaushalt. Die hohe Anzahl an Aerosolen unterstützt schliesslich die Niederschlagsbildung und die Nebelhäufigkeit. Durch die Produktion von Abwärme, die im Winter durch das Heizen und im Sommer durch die Nutzung von Klimaanlage entsteht, kommt es zu einer zusätzlichen Erwärmung der Stadtluft.

Klimatope

Mit dem Ansatz der Klimatope werden Gebiete mit ähnlichen mikroklimatischen Ausprägungen beschrieben. Diese unterscheiden sich vornehmlich nach dem thermischen Tagesgang, der vertikalen Rauigkeit (Windfeldstörung), der topographischen Lage bzw. Exposition und vor allem nach der Art der realen Flächennutzung. Als zusätzliches Kriterium spezieller Klimatope wird das Emissionsaufkommen herangezogen. Da in besiedelten Räumen die mikroklimatischen Ausprägungen im Wesentlichen durch die reale Flächennutzung und insbesondere durch die Art der Bebauung bestimmt werden, sind die Klimatope nach den dominanten Flächennutzungsarten bzw. baulichen Nutzungen benannt. Tabelle 1 listet verschiedene städtische Klimatope auf.

Tabelle 1 Legende und Beschreibungen der verschiedenen Klimatop-Typen der Stadt (Reuter, Kapp 2012)

Klimatop	Beschreibung
Bahnanlagen-Klimatop	Extremer Temperaturtagesgang, trocken, windoffen, Luftleitbahn
Industrie-Klimatop	Intensiver Wärmeinseleffekt, z.T. starke Windfeldstörung, problematischer Luftaustausch, hohe Luftschadbelastung (grossräumig bedeutend)
Gewerbe-Klimatop	Starke Veränderung aller Klimaelemente, Ausbildung des Wärmeinseleffektes, teilweise hohe Luftschadbelastung
Stadtkern-Klimatop	Intensiver Wärmeinseleffekt, geringe Feuchte, starke Windfeldstörung, problematischer Luftaustausch, Luftschadbelastung
Stadt-Klimatop	Starke Veränderung aller Klimaelemente gegenüber dem Freiland, Ausbildung einer Wärmeinsel, Luftschadbelastung
Stadtrand- Klimatop	Wesentliche Beeinflussung von Temperatur, Feuchte und Wind; Störung lokaler Windsysteme
Gartenstadt-Klimatop	Geringer Einfluss auf Temperatur, Feuchte und Wind
Grünanlagen-Klimatop	Ausgeprägter Tagesgang der Temperatur und Feuchte, klimatische Ausgleichsfläche in der Bebauung
Wald-Klimatop	Stark gedämpfter Tagesgang von Temperatur und Feuchte, Frisch-/Kaltluftproduktion, Filterproduktion
Freiland-Klimatop	Ungestörter stark ausgeprägter Tagesgang von Temperatur und Feuchte, windoffen, starke Frisch-/Kaltluftproduktion
Gewässer-Klimatop	Thermisch ausgleichend, hohe Feuchtigkeit, windoffen

Klimaangepasste Stadtentwicklung

Mit dem Ziel eine klimaangepasste Stadtentwicklung zu fördern, sollten bei Stadtplanungsvorhaben lokalklimatische Verhältnisse festgestellt und beim Bau von Siedlungen, Gewerbe- und Industriegebieten, Infrastrukturen und Grünflächen berücksichtigt werden. Um beispielsweise das Zubauen von wichtigen Freiluftschnitten zu verhindern, können die lokalklimatischen Bedingungen mit dem oben beschriebenen Ansatz der Klimatope untersucht werden. Nebst der Sicherstellung der Durchlüftung, spielen Grünflächen und Begrünungen versiegelter Flächen eine zentrale Rolle in einer klimaangepassten Stadtplanung (siehe dazu Faktenblatt II). Eine Schaffung zusätzlicher Grünflächen ist aufgrund des Platzmangels in Städten in den wenigsten Fällen möglich. Aus diesem Grund ist es umso wichtiger bestehende Freiflächen im städtischen Raum gezielt zu erhalten und als klimatische Ausgleichsflächen aufzuwerten.

Um eine klimaangepasste Stadtentwicklung umzusetzen sind übergreifende Konzepte und Strategien notwendig. Es empfiehlt sich, Netzwerke aufzubauen, in denen die Akteure bzw. Entscheidungsträger der Grünflächenbewirtschaftung, der Stadt- und Regionalplanung, des Bauwesens, der Siedlungswasserwirtschaft, des Hochwasserschutzes sowie der Verkehrsinfrastrukturplanung zusammenarbeiten können. Zusätzlich sind langfristig gültige Absprachen zwischen benachbarten Gemeinden notwendig beispielsweise für das Freihalten von Frischluftschnitten oder Kaltluftentstehungsgebieten auf regionaler Ebene. In allen Fällen sollte die Öffentlichkeit beteiligt werden.

Empfehlungen

- > Verbesserung der Siedlungsdurchlüftung;
- > Grün- und Freiflächen gezielt erhalten und aufwerten, um die Kaltluftzufuhr und -entstehung zu sichern und weiter zu steigern;
- > Reduzierung des Versiegelungsgrades, zur Erhöhung der Bodenwasser-Infiltration und Evapotranspiration;
- > Parkanlagen als Erholungsflächen schaffen, um das lokale Klima in Stadtquartieren zu verbessern;
- > in verdichteten Quartieren baumbestandene Strassenzüge zur Vernetzung der innerstädtischen Grünräume einrichten (situativ optimierte Baumartenwahl, siehe Faktenblatt III);

- > Schaffen von planungsrechtlichen Voraussetzungen für Investitions- und Initiieren von Beratungsprogrammen zur Förderung von Dach- und Fassadenbegrünungen;
- > unbefestigte Stadtbahntrassen als Rasengleise anlegen

Best-Practice Beispiele

- > In der Schweiz untersuchte das *Projekt Klimaanalyse Stadt Zürich KLAZ* die Faktoren, welche das Stadtklima beeinflussen und leitete Handlungsfelder und -möglichkeiten ab, welche für die baulichen Weiterentwicklung der Stadt zu beachten sind. Die im Rahmen der KLAZ gewonnenen Erkenntnisse liefern einen Orientierungsrahmen für den Einbezug stadtklimatischer Aspekte in planerische, gestalterische und bauliche Entscheide (<https://www.stadt-zuerich.ch/klaz>).
- > Das Online Beratungswerkzeug *Informationsportal Klimaanpassung in Städten (INKAS)* des Deutschen Wetterdienstes bietet der Stadtplanung Entscheidungshilfen, um Klimaanpassungsmassnahmen zu identifizieren, zu bewerten und in der Planung umzusetzen (http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimawirk/stadtpl/inkas/inkas_node.html).
- > In der *KlimaMORO-Region Mittel- und Südhessen* wurde eine Evaluierung der klimarelevanten Aussagen der Regionalpläne durchgeführt und Konsequenzen für die Weiterentwicklung des regionalplanerischen Instrumentariums abgeleitet sowie ein Handlungsleitfaden Siedlungsklima erarbeitet (<http://www.klimamoro.de/index.php?id=26>).
- > In der *KlimaMORO-Region Mittlerer Oberrhein/Nordschwarzwald* stand der Aufbau eines regionalen Netzwerks zum Klimawandel im Vordergrund unter anderem für den Themenbereich Siedlungsklima. Dazu wurde ein Gutachten zu klimatischen Ausgleichsfunktionen und ein Leitfaden Klimaökologie entwickelt (GEO-NET 2012) (<http://www.klimamoro.de/index.php?id=27>).
- > In der *KlimaMORO-Region Stuttgart* wurde aufbauend auf einer Vulnerabilitätsanalyse und einem regionalen Klimainformationssystem Empfehlungen und Massnahmenvorschläge erarbeitet, einer der Forschungsschwerpunkte war Siedlungsklima (<http://www.klimamoro.de/index.php?id=28>).
- > Unter dem Motto „Stadt begegnet Klimawandel“ wurde ein integriertes Massnahmenkonzept zur klimaangepassten Stadtentwicklung im *KlimaExWoSt-Modellprojekt* Essen entwickelt (https://www.essen.de/leben/umwelt/klima/bundesmodellvorhaben_des_experimentellen_wohnungs_und_staedtebaus_exwost_de.html).
- > In Berlin widmet sich der *Stadtentwicklungsplan Klima* den räumlichen und stadtplanerischen Aspekten des Klimas. Er rückt dabei die Anpassung an dem Klimawandel in den Mittelpunkt, ergänzt aber auch die Anstrengungen im Klimaschutz. Die Inhalte werden laufend durch weitere Planungen, Diskurs- und Vertiefungsprozesse abgestimmt, räumlich und sachlich konkretisiert und umgesetzt (<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/de/klima/>).
- > Integrierte Strategien und Massnahmen zur Klimaanpassung für die Verbesserung des klimatischen Komforts der Stadt Essen. Umnutzung von altindustriellen Brachflächen der Stadt zu Kaltluftentstehungsgebieten und Frischluftkorridoren (http://www.klimastadtraum.de/DE/Pilotprojekte/StadtKlimaExWoSt/Essen/essen_node.html).

Weiterführende Literatur und Dokumente

Ehmayer, Cornelia (2011): Leitfaden zum nachhaltigen Urbanen Platz. Der Leitfaden bildet den Wissenspool für die "CHECKLISTE zum nachhaltigen Platz". Im Auftrag der Magisterabteilung 22 - Wiener Umweltschutzabteilung. Wien. Available online at <http://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/nup/pdf/leitfaden.pdf>, checked on 4/15/2015.

GEO-NET (2012): Leitfaden zur Berücksichtigung klimatischer Ausgleichsfunktionen in der räumlichen Planung am Beispiel der Regionen Mittlerer Oberrhein und Nordschwarzwald. Online verfügbar unter http://www.klimamoro.de/fileadmin/Dateien/Ver%C3%B6ffentlichungen/Publikatione_aus_den_

Modellregionen/Mittlerer_Oberrhein_Norschwarzwald_Leitfaden.pdf, zuletzt geprüft am 17.06.2016.

Kuttler, Wilhelm (2011a): Climate change in urban areas. Part 2, Measures. In *Environ Sci Eur* 23 (1), p. 21. DOI: 10.1186/2190-4715-23-21.

Kuttler, Wilhelm (2011b): Klimawandel im urbanen Bereich, Teil 1, Wirkungen Climate change in urban areas, Part 1, Effects. In *Environ Sci Eur* 23 (1), p. 11. DOI: 10.1186/2190-4715-23-11.

Parlow, E.; Vogt, R.; Feigenwinter, C. (2014): The urban heat island of Basel - seen from different perspectives. In *Die Erde* 145 (1-2), pp. 96–110.

Reuter, Ulrich; Kapp, Rainer (2012): Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung. Hg. v. Baden-Württemberg, Ministerium für Verkehr und Infrastruktur. Online verfügbar unter <http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/pdf/Klimafibel-2012.pdf>, zuletzt geprüft am 14.04.2016.

Rubin, Andreas (2015): Einfluss von Vegetation und Gebäuden auf die Windströmung und den Komfort in urbanen Gebieten. Literaturrecherche. im Auftrag von Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich. EMPA. Bern, checked on 5/9/2016.

Das Projekt Urban Green & Climate der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Stadtgrün Bern, Meteotest und RVR-CFC untersuchte die Ökosystemdienstleistungen und die klimabedingte Vulnerabilität des Berner Baumbestandes. Das Projekt wurde im Rahmen des Pilotprogramms Anpassung an den Klimawandel durchgeführt.