

## 6.2 Grüne Infrastruktur zur Anpassung an den Klimawandel in Städten

JÜRGEN BAUMÜLLER

*Der Klimawandel mit immer höheren Temperaturen und Hitzewellen macht es erforderlich, in den Städten über Anpassungsmaßnahmen an das sich verändernde Klima nachzudenken. Eine Möglichkeit zur Anpassung ist die Verbesserung der grünen Infrastruktur in den Städten. Dies können sowohl kleinräumige aber auch großräumige Maßnahmen, wie z.B. Aufforstungen sein. Die klimatische Wirkung von grüner Infrastruktur wird schon lange untersucht und ist auch gut dokumentiert. Es zeigt sich, dass die klimatische Wirkung des Grüns sich meist auf den Standort selbst beschränkt und keine weitreichende Wirkung feststellbar ist. Im nahen Umfeld des Grüns sind jedoch Verbesserungen bei der Gefühlten Temperatur bis zu 20 Grad möglich, während sich der Einfluss auf die Lufttemperatur nur auf wenige Grad beschränkt. Mit den Hitzewellen ist auch die Gefahr von längerer Trockenheit gegeben, wie die Jahre 2018 und 2019 zeigten. Der Ausbau der grünen Infrastruktur muss deshalb einhergehen mit Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung.*

**Green infrastructure for adaptation to climate change in cities:** *Climate change, with increasing temperatures and heat waves, makes it necessary for cities to think about adapting to the changing climate. One way to adapt is to improve the green infrastructure in the cities. These can be both small-scale and large-scale measures, such as afforestation for example. The climatic effects of green infrastructure have been studied for a long time and are well documented. It turns out that the climatic effect of the green is usually limited to the location itself and no far-reaching effect can be detected. In the immediate vicinity of the green, however, improvements in the sensitive temperature up to 20 degrees are possible, while the influence on the air temperature is limited to only a few degrees. The heat waves also present the risk of prolonged droughts, as the years 2018 and 2019 have shown. The development of the green infrastructure must therefore go hand in hand with rain water management measures.*

Immer mehr Menschen leben in Städten. Bis 2050 rechnet man damit, dass ca. 6,8 Mrd. Menschen (70%) in Städten leben werden. Städte sind in der Regel wärmer als das Umland, speziell in der Nacht. Durch den Klimawandel wird es in vielen Städten im Sommer zusätzlich zu gesundheitlich bedenklichen thermischen Belastungen kommen. Die Anzahl, die Dauer und die Intensität von Hitzewellen werden zunehmen. Die Hitze-Sommer 2015, 2018 und die Extremtemperaturen im Jahr 2019 mit über 40 °C an vielen Orten in Deutschland zeigten auf, welche Belastungen zukünftig zu erwarten sind. Das Potsdam Institut für Klimaforschung (PIK) schließt eine »Heisszeit« mit einer globalen Temperaturerhöhung von bis zu fünf Grad nicht mehr aus.

Im Jahr 2011/13 wurde das Baugesetzbuch (BauGB 2014) dahingehend geändert, dass bei allen Planungen neben dem Klimaschutz auch die Klimaanpassung zu berücksichtigen ist. Wie dies zu geschehen hat, ist dort nicht aufgeführt. Städte haben deshalb inzwischen begonnen, Klimawandelanpassungsstrategien zu erarbeiten, wobei die Themen Hitze, die Trockenheit und der Starkregen im Vordergrund stehen (WALLENBORN et al. 2017). Die grüne- aber auch blaue Infrastruktur zeigt gute Möglichkeiten der Anpassung an den Klimawandel in den Städten (BMUB 2017). Mit diesem Thema beschäftigt sich auch die VDI-Richtlinie 3787 Blatt 8 »Stadtentwicklung im Klimawandel«.



Abb. 6.2-1: Grüne Infrastruktur als Ausgleich zur Bebauung (Foto: Baumüller).

## Grüne Infrastruktur und Klimawandel

Im Gegensatz von »Grauer Infrastruktur« umfasst die »Grüne Infrastruktur« alle Formen grüner Freiräume und begrünter Gebäude (Abb. 6.2-1). Zu der Grünen Infrastruktur zählen große und kleine Parkanlagen, Friedhöfe, Kleingärten, Brachflächen, Spielplätze, Sportflächen, Straßenbegleitgrün, Straßenbäume, Grüne Gleistrassen, Fassadengrün, sowie Naturschutz- und Waldflächen.

Auch private Gärten und landwirtschaftliche Nutzflächen sind ein wichtiger Teil des Grüns in den Städten. Bauwerksgrün mit Fassaden- und Dachbegrünung, Innenraumbegrünung sowie Pflanzen an und auf Infrastruktureinrichtungen gehören ebenfalls dazu. All dieses städtische Grün wird als »Grüne Infrastruktur« bezeichnet.

Die Grüne Infrastruktur erfüllt zahlreiche wirtschaftliche, soziale, gesundheitliche und ökologische Funktionen. Dazu gehört auch der positive Einfluss auf die Regenwasserspeicherung (BAUMÜLLER & AHMADI 2016), das Stadtklima und somit auch auf den Menschen. Im Städtebau das Grün ebenfalls als gestalterisches Element mit ästhetischer Funktion. Eine zusammenfassende Darstellung findet man z. B. bei BAUMÜLLER (2018).

## Städtische Waldgebiete

Der Wald in Stadtgebieten dient als Wasserschutzwald, Immissionsschutzwald, Klimaschutzwald, Sichtschutzwald und Erholungswald und kann so auch nach dem Waldgesetz der Bundesländer (LWaldG BW 1995/2018) in Waldfunktionskarten ausgewiesen werden.

Im Wald sind die Lufttemperaturen im Sommer am Tage niedriger als im Freiland und in der Stadt. Der

Strahlungsumsatz vollzieht sich vorwiegend im oberen Kronenbereich des Waldes und so erwärmt sich der bodennahe Stammraum im Laufe des Tages nur langsam. Temperaturunterschiede am Tage von 36 Grad gegenüber der freien Landschaft und um 48 Grad gegenüber dem Stadttinnern sind möglich. Abb. 6.22 zeigt die Temperaturverläufe während einer Hitzewelle in Stuttgart im Juni 2014 an verschiedenen Standorten. Deutlich erkennbar sind die niedrigeren Temperaturen im Wald zur Mittagszeit beim Temperaturmaximum, mit Unterschieden bis zu 7 Grad. In der Nacht unterscheidet sich die Temperatur im Wald kaum von denen an den anderen Stationen. Die wohltuende Wirkung des Waldes entfaltet sich also in der Tageszeit, wo die Menschen bei Hitze Kühle suchen. Das entscheidende ist jedoch nicht die Lufttemperatur selbst, sondern die Temperatur, die wir empfinden. Tagsüber kann die »Gefühlte Temperatur« im Wald um über 15 Grad geringer sein als an einem sonnenbeschienen Ort in der Stadt. Der Effekt entsteht hauptsächlich durch die Schattenwirkung der Bäume und durch die Verdunstungskälte bei der Evapotranspiration.

Der Wald dient auch als Luftfilter und bindet Staub und andere feste oder flüssige Schmutzpartikel sowie Schadgase, die in der Luft enthalten sind auf den Ästen und Blättern durch trockene und nasse Deposition. Besonders wirksam sind dichte geschlossene Bestände.

Auch als Retentionsfläche bei Niederschlag ist der Wald hervorragend geeignet (Abb. 6.2-3). Bis zu einer Niederschlagsmenge von 20 Liter/m<sup>2</sup> bei kurzzeitigem Regen findet kein Oberflächenabfluss statt. Bei einem Niederschlag von 60 Liter/m<sup>2</sup> liegt der Oberflächenabfluss nur bei 10 Liter/m<sup>2</sup>. Der Wald fördert zudem die Grundwasserneubildung.

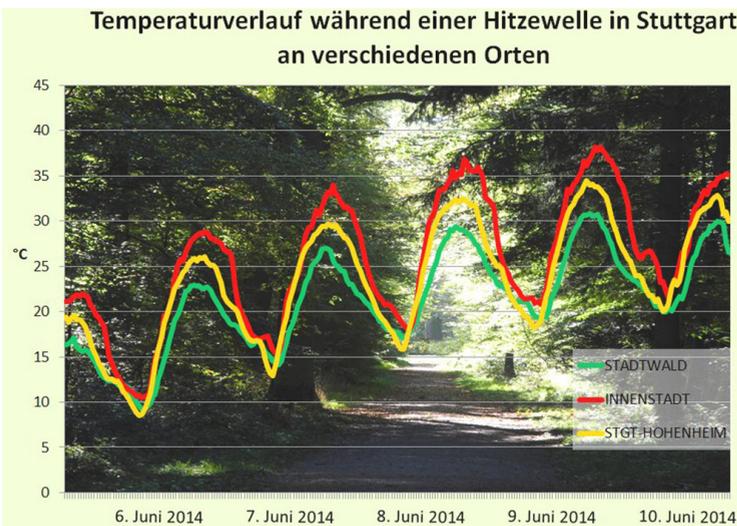


Abb. 6.2-2: Temperaturverlauf an verschiedenen Standorten in Stuttgart bei einer Hitzewelle (Foto: Baumüller).

## Parkflächen und Pocket-Parks

Eine häufig gestellte Frage ist, ob eine große Grünfläche bzw. Parkfläche klimatisch günstiger ist als mehrere kleine Grünflächen. Die Antwort darauf hängt davon ab, was man mit der Grünfläche klimatisch erreichen will. Das heißt, die Funktion der Grünfläche ist entscheidend. Größere Parkanlagen dienen in der Regel dazu, dass man sich dort länger aufhält. Die Grünausstattung des Parks sollte deshalb abwechslungsreich sein. Neben offenen besonnten Flächen müssen auch verschattete Plätze unter Bäumen angeboten werden (Savannentyp). So hat der Besucher die Möglichkeit je nach Tageszeit, Jahreszeit und aktuellem Wetter, den ihm klimatisch angenehmsten Ort aufzusuchen (Abb. 6.2-4).

Soll der Park auch als Kaltluftproduktionsfläche dienen und die Kaltluft die Umgebung positiv beeinflussen, muss der Übergangsbereich zur Bebauung of-

fen gestaltet sein, um der Kaltluft die Möglichkeit zu geben, in bebaute Strukturen einzufliessen. Auch sollte der Park dann keinen zu dichten Baumbestand haben, da sich Wiesen schneller und stärker abkühlen. Der Effekt der Abkühlung innerhalb einer Park- oder Grünfläche wird in der Fachliteratur als »Park Cool Island« PCI-Phänomen bezeichnet. Die klimatische Wirkung tagsüber ergibt sich durch Verdunstung und Beschattung.

Die Reichweite der Klimafunktion von Parkanlagen in die Umgebung wird meist überschätzt (KUTTLER 2011). Untersuchungen in deutschen Großstädten zeigen den Einwirkungsbereich in die Umgebung bei wenigen 100 Metern (BONGARDT 2006), selbst bei großen Parkanlagen (Abb. 6.2-5). Der Park und die Grünflächen haben somit in erster Linie den Effekt einer »Kühlinsel« innerhalb der städtischen Wärmeinsel

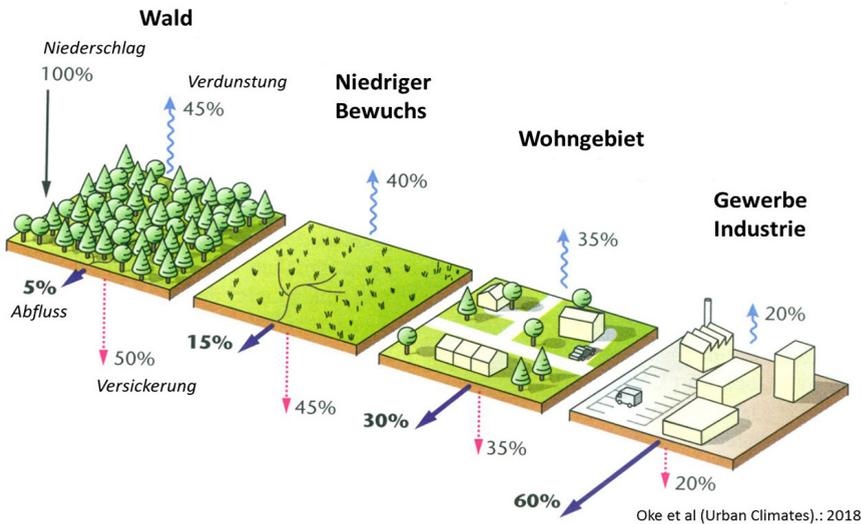


Abb. 6.2-3: Wasserhaushalt unterschiedlicher Landnutzungen nach Oke et al. (2018), verändert.



Abb. 6.2-4: Park für Sonnenhungrige und Kühle Suchende in Stuttgart (Schlosspark). (Foto: Baumüller).

so dass die klimatisch günstige Wirkung insbesondere den Besuchern der Grünanlage zugutekommt.

**Pocket Parks**

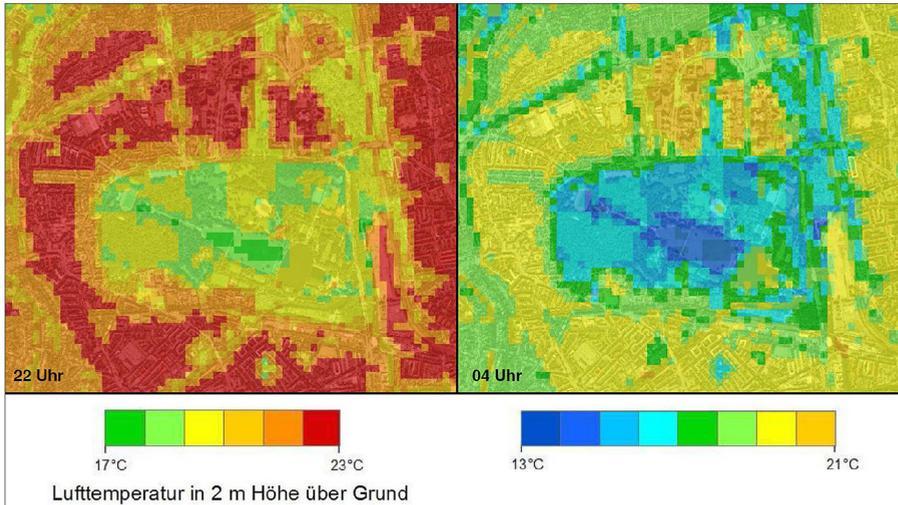
Unter Pocket Parks versteht man kleine Parkanlagen im Wohnquartier auch in Kombination mit Spielplätzen für Kinder. Die Ausstattung mit Bäumen bietet an heißen Tagen Schatten (Abb. 6.2-6). Bei der Ausbildung mit Mulden können diese Bereiche auch als Retentionsflächen bei Starkregen dienen. Eine Installation von erlebbarem Wasser (Brunnen, Wasserspiele) ist anzustreben. Ein Vorteil solcher Pocket Parks (Grünoasen) ist die räumliche Nähe zum Bürger, womit auch ein kurzer Besuch sinnvoll ist. Die klimatische Wirkung von Pocket-Parks auf das gesamtstädtische Klima darf man nicht überschätzen. Solche Einrichtungen dienen in erster Linie der klimatischen Verbesserung vor Ort, indem durch das Grün Verdunstungskühle erzeugt wird und die Oberflächentemperaturen und Strahlungstem-

peraturen durch die Verschattung reduziert werden, was die gefühlte Temperatur deutlich absenkt (Abb. 6.2-7). Optimal sind solche Pocket-Parks also immer dann, wenn auch schattenspendende Bäume vorhanden sind. Dabei ist zu beachten, dass ein Baum heute schon gepflanzt werden muss, um in Zukunft, also in 20 oder 30 Jahren einen guten Schatten zu werfen.

**Bäume und Baumalleen**

Bäume und Baum-Alleen mit zum Teil jahrhundertalte Strukturen bieten sowohl für den Fahrradverkehr als auch für den Fußgänger wohlthuenden Schatten. Die Reduktion der Einstrahlung der Sonne ist an heißen Tagen die wichtigste Maßnahme (Abb. 6.2-8) und reduziert die Gefühlte Temperatur.

Statt Parkplätze braucht es in den Städten in der Zukunft also mehr »Baumplätze« statt Parkplätze (Abb. 6.2-9). Die Hitzesommer 2018 und 2019 mit geringen Niederschlagsmengen haben gezeigt, dass selbst tief-



**Abb. 6.2-5:** Lufttemperatur im Stadtpark Hamburg in 2 m Höhe über Grund um 22 Uhr (links) und um 04 Uhr (rechts) (Quelle: Hansesstadt Hamburg/Geo-Net 2012).



**Abb. 6.2-6:** Pocket-Park mit Kinderspielplatz und reichlich Schatten in Stuttgart (Foto: Baumüller).



Abb. 6.2-7: »Kühloase« im bebauten Quartier in Stuttgart (Foto: Baumüller).

er wurzelnde Bäume einem erheblichen Trockenstress ausgesetzt waren. Im Sommer 2018 ergab die Wasserbilanz (Niederschlag minus Potentielle Verdunstung) in weiten Teilen von Deutschland ein Defizit von bis zu 250 l/m<sup>2</sup> (DWD 2018).

Bäume können ihre klimatisch positive Wirkung nur dauerhaft entfalten, wenn ihre Wasser- und Nährstoffsituation gesichert ist. Sie können bis zu einem gewissen Grad eine längere Trockenzeit besser bewältigen als Rasenflächen, bei zu langer Trockenheit kommt es jedoch zu Blattverlusten, was die abschirmende Wirkung der Baumkronen für die Sonneneinstrahlung verschlechtert oder sogar zum Absterben des Baumes führt. Die Diskussion welche Baumarten in Zukunft als Stadtbäume am besten geeignet sind, ist nach den immensen Baumschäden 2019 voll im Gange.

### Gründächer und Dachgärten

Dachbegrünungen können stadtklimatische Defizite in Bezug auf den Feuchtigkeitshaushalt und das thermische Milieu mindern (HÖSCHELE et al. 1974). Dazu kommen noch bauphysikalische Vorteile von Dachbegrünungen. Dächer bieten in Städten und Gemeinden bisher vielfach ungenutzte Flächenreserven für die Schaffung von Grünflächen. In den Ballungsgebieten bieten sich Wohn-, Büro- und Industriegebäude zur Begrünung an.

Wenngleich diese Dächer nicht immer aktiv genutzt sind, z. B. als Sitzplatz im Grünen, so können im

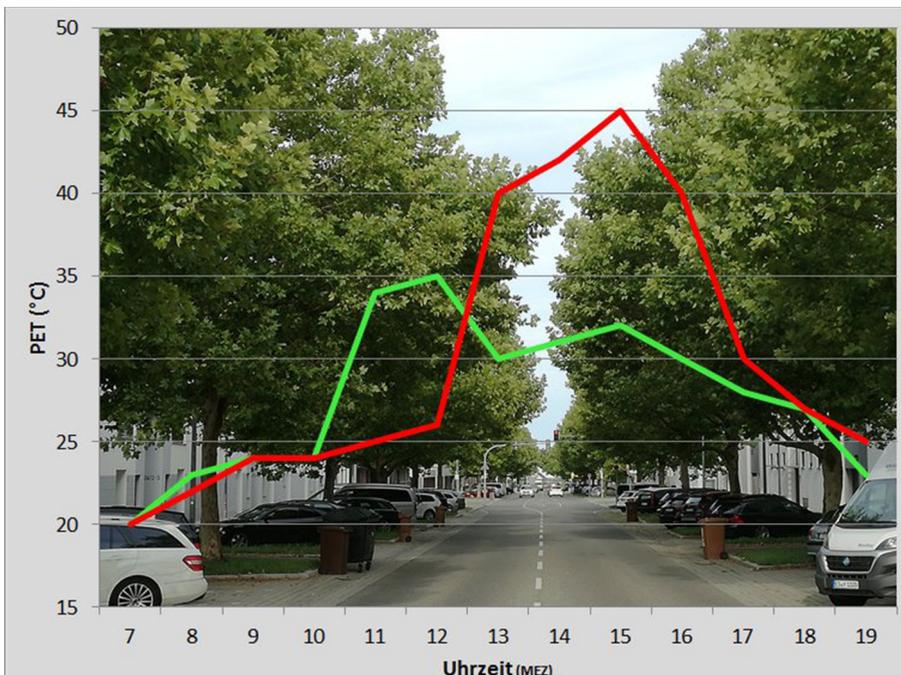


Abb. 6.2-8: Tagesgang der physiologischen Äquivalenttemperatur (PET) an einem Sommertag in einem beschatteten (grüne Kurve) und unbeschatteten (rote Kurve) Straßenabschnitt in München (MAYER 1996) (Foto: Baumüller).

Gegensatz zu monotonen Kies-, Bitumen- oder Blechflächen begrünte Dächer das Klima verbessern, Schadstoffe ausfiltern und Energie bei der Hausheizung einsparen. Eine messbare Fernwirkung kommt begrüntem Dachflächen dabei nicht zu.

Positive thermische Effekte von Dachbegrünungen beziehen sich vorwiegend auf die Minderung der Temperaturextreme. *Abb. 6.2-10* zeigt die Temperaturentwicklung auf der Dachhaut von Flachdächern mit unterschiedlichem Aufbau an einem Sommertage mit hoher Einstrahlung. Während Kiesdächer und schwarze Bitumenpappe sich auf etwa 50 °C bis über 80 °C

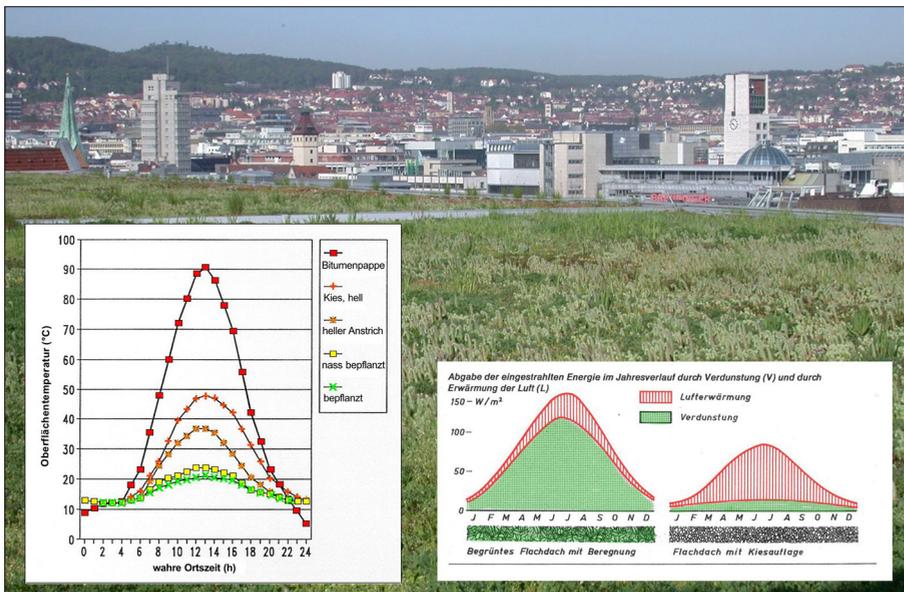
aufheizen, betragen die maximalen Temperaturen bei bepflanzten feuchten Dächern nur etwa 20 °C bis 25 °C.

Im Sommer sind Dachbegrünungen für darunter liegende Räume insgesamt eine wirksame Maßnahme zum Schutz vor sommerlicher Hitze. Sie ersetzen jedoch nicht eine gute Isolation. Im Winter kommt es durch die Vegetation und das Dachsubstrat zu einer Verminderung des Wärmedurchganges und somit zu einer erhöhten Wärmedämmung.

Ein begrüntes Dach ist in der Lage, Oberflächenwasser zu speichern. Je nach Aufbau wird das Nie-



*Abb. 6.2-9: Baumallee in einem Fußgängerbereich in Stuttgart (ca. 30 Jahre alt (Foto: Baumüller).*



*Abb. 6.2-10: Wirkung von Gründächern auf die Oberflächentemperatur und die Energiebilanz (GERTIS & WOLFSEHER 1977 und HÖSCHELE et al. 1974, verändert) (Foto: Baumüller: Dach des Umweltamtes in Stuttgart).*

derschlagswasser unterschiedlich lange in den oberen Schichten gehalten und fließt dann erst abzüglich der Verdunstungs- und Transpirationsrate ab.

Dachbegrünungen können im Bebauungsplan rechtsverbindlich festgesetzt werden. Dabei beruht die Begründung auf § 9 (1) 25 BauGB (2013), der die Gemeinde u.a. zur Festsetzung von Bepflanzungen für Teile baulicher Anlagen ermächtigt.

Im dicht bebauten Quartier kann man die Flachdächer als zusätzlichen Lebensraum nutzen, bei größeren Anlagen als gemeinsame Gärten- und Aufenthaltsbereiche. Nicht nur in heißen Sommerabenden ist dies ein Gewinn für die Nutzer (*Abb. 6.2-11*). Übliche »Sedum-Gründächer« sind zwar pflegeleicht, die klimatische Ausgleichsleistung ist jedoch gering, man sollte zukünftig mehr Grünvolumen auf die Dächer bringen. Bedingt durch zunehmende Trockenheit sind

die Dächer möglichst als Retentionsdächer auszuweisen. Nutzbare Gründächer sollten Vorrang vor Fotovoltaik haben, da diese auch anderorts zu leisten ist. Im Einzelfall ist auch eine Kombination von Grün-, Retention- und Solardach möglich.

### Fassadengrün

Begrünte Hausfassaden verbessern die klimatischen Bedingungen am Gebäude und in der unmittelbaren Umgebung, die klimatische Fernwirkung ist allerdings gering. Außerdem wirken sie positiv auf die Luftqualität (insbesondere Feinstaub) sowie auf die Energiebilanz des Gebäudes. Die Oberflächentemperatur des Gebäudes wird durch die Fassadenbegrünung deutlich reduziert. Ebenfalls verändern sich an der Fassade die Strahlungsbilanz, die Feuchte (Dampfdruck) und die Windgeschwindigkeit. Die Begrünung von Fassaden



*Abb. 6.2-11: Dachgarten, Wirtschaftsgebäude Diakonissen Klinik Augsburg« Baujahr: 2013. Gesamtfläche: 370 m<sup>2</sup>, (Foto: Optigrün).*



*Abb. 6.2-12: Voluminöse Fassadenbegrünung mit Wisteria in Stuttgart. (Foto: Baumüller)*

erfolgt nicht ausschließlich aus klimatischen und bauphysikalischen Gründen, sondern auch aus ästhetischen (Abb. 6.2-12). Eine z.B. mit wildem Wein bewachsene Fassade z.B. verändert ihr Gesicht im Laufe des Jahres und spiegelt damit die Jahreszeiten wider. Auch künstlerische Kreationen sind möglich ([www.verticalgardenpatrickblanc.com](http://www.verticalgardenpatrickblanc.com)).

Die Maßnahme erfordert wenig Grundfläche. Fassadenbegrünungen können in Bebauungsplänen ebenso rechtsverbindlich im Bebauungsplan festgesetzt werden wie die Dachbegrünung. Von der Einstrahlung (100 %) werden 5-20 % für die Fotosynthese, 5-30 % für die Reflektion, 5-30 % für die Wärmetransmission, 20-40% für die Verdunstung und 10-50 % für die Wärmestrahlung umgesetzt (KÖHLER 2012).

Eine umfassende Forschungsdokumentation zum Thema »Gebäude Begrünung Energie. Potenziale und Wechselwirkungen« fasst Grundlagen, Untersuchungen, Projektbeispiele zusammen (PFOSER et al. 2013). Die Dokumentation befasst sich sowohl mit klimatischen, wirtschaftlichen als auch mit energetischen Vorteilen.

### **Begrünte Gleisanlagen**

Grüne Gleistrassen zeigen positive klimatische Wirkungen im Straßenraum:

#### **Wasserrückhaltung im Gleis**

- im Jahresdurchschnitt: 50-70 % der Niederschlagsmenge



*Abb. 6.2-13: Begrünte Gleisanlagen in Stuttgart, (Foto: Baumüller).*



*Abb. 6.2-14: Parkplatz bei der Universität Stuttgart, beschattet durch Platanen, (Foto: Baumüller).*

- im Sommer bis zu 90 %
- das entspricht je m<sup>2</sup> Vegetationsfläche im Gleis pro Jahr: 400-550 l

### Verdunstung von Regenwasser

- Bei der Verdunstung von 1 l Wasser können 200 m<sup>3</sup> Luft um 10 K gekühlt werden,
- je m<sup>2</sup> begrüntem Gleis können damit in den Sommermonaten ca. 44.000 m<sup>3</sup> Luft um 10 K gekühlt werden

### Verringerung der Aufheizung im Gleis

- Beitrag durch Verdunstungskühlung
- isolierende Wirkung Schienenaufheizung – ohne Einbettung in Vegetation – Schienentemperatur bis 50-60 °C – mit Vegetation – Schienentemperaturen bis 25-30 °C und
- Beitrag zur Verringerung der lokalen Aufheizung von Innenstadtbereichen.

### Schadstoffaufnahme und -rückhaltung

- potenzielle Verringerung der lokalen Feinstaub-/Schadstoffkonzentration der Luft durch Deposition auf der Vegetationsoberfläche und
- Verminderung der Wiederaufwirbelung von Stäuben im Gleis.

Eine regelmäßige Pflege der begrüntem Gleistrassen (Mähen) ist erforderlich. Bei »Sedum-Gleisen« ist dieser Aufwand geringer.

(Quelle: [www.Grüngleisnetzwerk.de](http://www.Grüngleisnetzwerk.de))

### Begrünte Parkierungsflächen

Parkplätze müssen nicht aus Asphaltwüsten bestehen. Sie können teilentsiegelt werden, die Gestaltung mit

Rasengittersteinen, Schotterrasen und die Verschattung mit Bäumen ist ebenfalls möglich (Abb. 6.2-14). Je nach Ausstattung grüner Parkierung kann die Oberflächentemperatur zwischen 70 °C und 30 °C schwanken (TAKEBAYASHI & MORIYAMA 2009) (Abb. 6.2-15).

### Schlussbetrachtung

Man weiß heute, dass in einer gewachsenen Stadt das Klima insbesondere die Lufttemperatur nur in einem kleinen Umfang geändert werden kann. Bei der Lufttemperatur liegt die Veränderung durch »Grün« in der Größenordnung von 1-2 Grad (MATHEY et al. 2012). Eine Ausnahme sind der Wald und sehr große Parkanlagen, wo man 5-8 Grad Temperaturreduktion erreicht.

Einen thermischen Ausgleich zum Klimawandel mit höheren Sommertemperaturen ist dennoch durch eine massive grünblaue Infrastruktur in den Städten möglich. Dabei darf man zukünftig weniger die Lufttemperatur im Blick haben, sondern die »Gefühlte Temperatur«, da diese die entscheidende Größe für das Wohlbefinden der Menschen ist und sich diese viel stärker positiv für den Bürger beeinflussen lässt. Durch geeignete »Grüne Infrastruktur« kann die Gefühlte Temperatur um bis zu 20 Grad reduziert werden, wobei die Verschattung und somit die Reduktion der Strahlungstemperatur die wichtigste Rolle spielt.

Wichtig ist zudem, die Oberflächentemperaturen z.B. durch Begrünung gering zu halten. Auf lokaler Ebene lassen sich so im nahen Umfeld der Menschen grüne »Kühloasen« schaffen.

In den dicht bebauten Innenstädten fehlt es meist am Platz für eine üppige grüne Infrastruktur. Hier bietet sich die Fassadenbegrünung an, die wenig Grundfläche

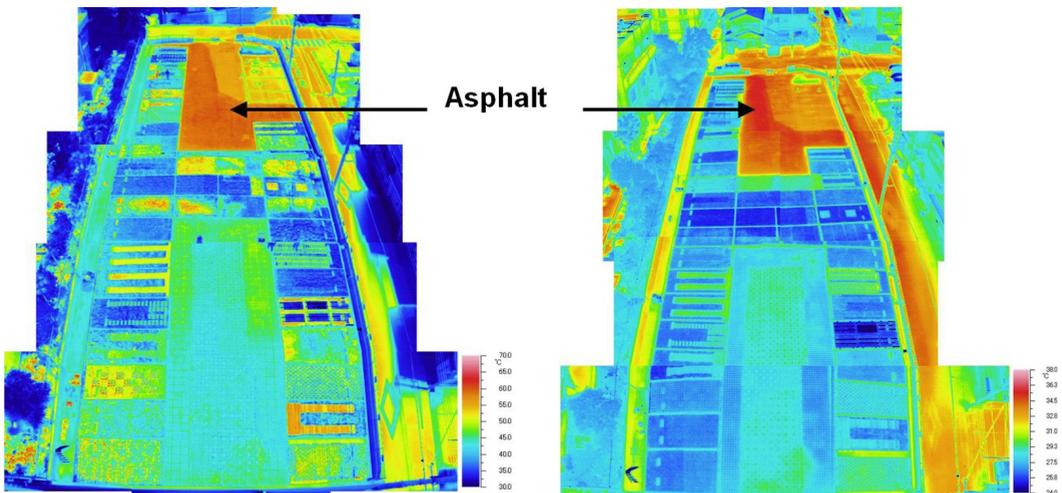


Abb. 6.2-15: Oberflächentemperaturen von unterschiedlich begrünter Parkierung in Kobe 2005. Links um 12 Uhr, rechts um 21 Uhr (TAKEBAYASHI & MORIYAMA 2009).

benötigt. Auch Dachbegrünungen auf Flachdächern sind möglich. Weiterer Raum für Grün kann erreicht werden, wenn man den Autoverkehr reduziert und »Baumplätze« statt »Parkplätze« kreierte. Dies trägt zu einer lebenswerteren Stadt bei.

Stadtquartiere sollten zukünftig zu einer urban dichten »Gartenstadt« entwickelt werden, neues grünes Wohnen in dichten Strukturen (Senatsverwaltung Berlin 2015). Dabei geht es weniger um eine Erweiterung der vorhandenen großen Parkanlagen, sondern um eine bürgernahe klimatisch wirksame grüne Infrastruktur.

Man muss zukünftig mit längeren Trockenzeiten und Starkregenfällen im Sommer rechnen. Deshalb ist es notwendig parallel zur grünen Infrastruktur ein Regenwassermanagement in den Städten zu etablieren.

## Literatur

- BauGB (2013/14): Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634).
- BAUMÜLLER J. & Y AHMADI (2016): Beitrag von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen und freiraumplanerischen Gestaltungselementen zur Verbesserung des Stadtklimas. <http://www.samuwa.de/publikationen/> (Zugriff 04.09.2018).
- BAUMÜLLER J. (2019): Grüne Stadt in heißen Zeiten – grüne Infrastruktur als Maßnahme zur Anpassung an den Klimawandel, UVP Report 4/18. 168-176.
- BAUMÜLLER N. (2018): Stadt im Klimawandel – Klimaanpassung in der Stadtplanung Grundlagen, Maßnahmen und Instrumente, Dissertation Universität Stuttgart, 304 S. (<https://elib.uni-stuttgart.de/handle/11682/9838>).
- BMUB (2017): Weißbuch Stadtgrün – Grün in der Stadt für eine lebenswerte Zukunft, Hrsg. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.
- BONGARDT B. (2006): Stadtklimatische Bedeutung kleiner Parkanlagen dargestellt am Beispiel des Dortmunder Westparks. Essener Ökologische Schriften Band 24, Hohenwarsleben, Westarp-Verlag.
- DWD (2018): Trockenstress pur für die Landwirtschaft im Sommer 2018; [https://www.dwd.de/de/fachnutzer/landwirtschaft/berichte/3-2-rueckblicke/2018/bericht\\_sommer\\_2018.pdf?-blob=publicationfile&v=21](https://www.dwd.de/de/fachnutzer/landwirtschaft/berichte/3-2-rueckblicke/2018/bericht_sommer_2018.pdf?-blob=publicationfile&v=21) (Abfrage 04. sept. 2019).
- GERTIS K. & U. WOLFSEHER (1977): Veränderungen des thermischen Mikroklimas durch Bebauung, Gesundheits-Ingenieur 1/2, S.1-10.
- HANSESTADT HAMBURG; GEO-NET (2012): Stadtklimatische Bestandsaufnahme und Bewertung für das Landschaftsprogramm Hamburg-Klimaanalyse und Klimawandelszenario 2050. Hamburg: Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Freie Hansestadt Hamburg und Geo-Net Umweltconsulting GmbH Hannover.
- HÖSCHELE K. & H. SCHMIDT (1974): Klimatische Wirkung einer Dachbegrünung, Garten und Landschaft 6/74: 1-4.
- KÖHLER M. (2012): Handbuch Bauwerksbegrünung Planung-Konstruktion-Ausführung-Kosten, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH, Köln.
- KÜTTLER W. (2011): Klimawandel im urbanen Bereich - Teil 1 Wirkungen, Environmental Sciences Europe 23/11, Springer open, S. 1-12. doi: 10.1186/2190-4715-23-11.
- LWaldG BW (1995/2018): Waldgesetz für Baden-Württemberg, Landeswaldgesetz LWaldG, 1995 in der Fassung von 19. Juni 2018 (GBl. S. 223).
- MATHEY J., S. RÖSSLER, I. LEHMANN & A. BRÄUER (2012): Anpassung an den Klimawandel durch Stadtgrün - klimatische Ausgleichspotenziale städtischer Vegetationsstrukturen und planerische Aspekte; Nachhaltiges Flächenmanagement von Industrie- und Gewerbebrachen 2012, 17–20; Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein.
- MAYER H. (1996): Human-biometeorologische Probleme des Stadtklimas, Geowissenschaften 14/1996 Heft 6: 233-239.
- OKE T. R., G. MILLS, A. CHRISTEN & J. A. VOOGT (2018): Urban Climate, Cambridge University Press.
- PFOSE N., N. JENNER, J. HENRICH, J. HEUSINGER & ST. WEBER (2013): Gebäude Begrünung Energie. Potenziale und Wechselwirkungen. Abschlussbericht, Darmstadt, Braunschweig, Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Architektur und Technische Universität Braunschweig, Institut für Geoökologie.
- TAKEBAYASHI H. & M. MORIYAMA (2009): Study on the urban heat island mitigation effect achieved by converting to grass-covered parking. Solar Energy 83, 1211-1223.
- VDI 3787 Bl. 8 (2019): Stadtentwicklung im Klimawandel, VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1b: Umweltmeteorologie.
- WALLENBORN T., S. BÜHLER-KÖLMEL, N. PREUSSNER & J. BAUMÜLLER (2017): Grüne Stadt in heißen Zeiten - Strategisches Fachkonzept Klimaanpassung Ludwigsburg, Stadt+Grün (3/2017).

### Kontakt:

Prof. Dr. rer. nat. Jürgen Baumüller  
Stuttgart  
[juergen.baumueller@web.de](mailto:juergen.baumueller@web.de)

BAUMÜLLER J. (2019): Grüne Infrastruktur zur Anpassung an den Klimawandel in Städten. In: LOZÁN J. L. S.-W. BRECKLE, H. GRASSL, W. KÜTTLER & A. MATZARAKIS (Hrsg.). Warnsignal Klima: Die Städte. pp. 203-212. Online: [www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de](http://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de). DOI:10.2312/warnsignal-klima.die-staedte.30.