

## Das städtische Ökosystem – Mensch und Natur im urbanen Lebensraum

Mit dem Bau von Städten hat der Mensch alle Geofaktoren und deren Wechselwirkungen tiefgreifend verändert und ein geradezu technogenes Ökosystem geschaffen. Die Aktivitäten der Stadtbewohner beeinflussen dabei die natürlichen Prozesse. Im Rahmen einer zukunftsfähigen, nachhaltigen Stadtentwicklung ist hohe Lebensqualität in der städtischen Wohn-, Arbeits- und Freizeitumwelt ein wesentliches Ziel. Wie kann der Mensch als Teil des städtischen Ökosystems die wachsenden Herausforderungen bewältigen?

- 1 a) Charakterisieren Sie die Stadtansicht Brüssels (M1).  
b) Entwickeln Sie Ideen für Einflüsse auf die Geofaktoren wie Relief, Boden und Wasserhaushalt durch den Bau von Städten (M1, M3, M4).
- 2 Vergleichen Sie natürliche und urbane Ökosysteme (M2 – M4).
- 3 a) Erklären und begründen Sie das Konzept des „Urbanen Metabolismus“ (M5 – M7).  
b) Arbeiten Sie Ansatzpunkte für Maßnahmen einer nachhaltigen Stadtentwicklung heraus (M5).
- 4 Stellen Sie konventionelle und nachhaltige städtische Ökosysteme als In-Output-Modellskizzen dar (M2, M5).
- 5 Überprüfen Sie die Aussage (M2 – M9): „Die städtische Lebensqualität hängt unmittelbar von einem nachhaltigen städtischen Ökosystem ab.“



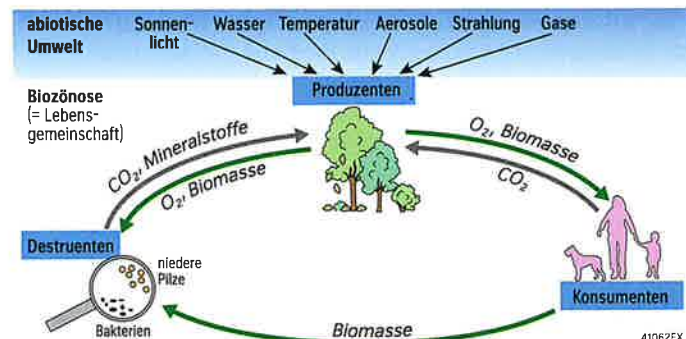
M 1 Innenstadt von Brüssel

Im urbanen Raum sind die Böden infolge von Überbauung meist versiegelt, Bäche und Flüsse kanalisiert, die natürliche Vegetation oft vollkommen beseitigt und die Luft durch Emissionen belastet bzw. durch Abwärme aufgeheizt. Diese Eingriffe haben Auswirkungen auf die **Lebensqualität** der Menschen und auf alle Stoff- und Energieflüsse in diesem komplexen, **städtischen Ökosystem**.

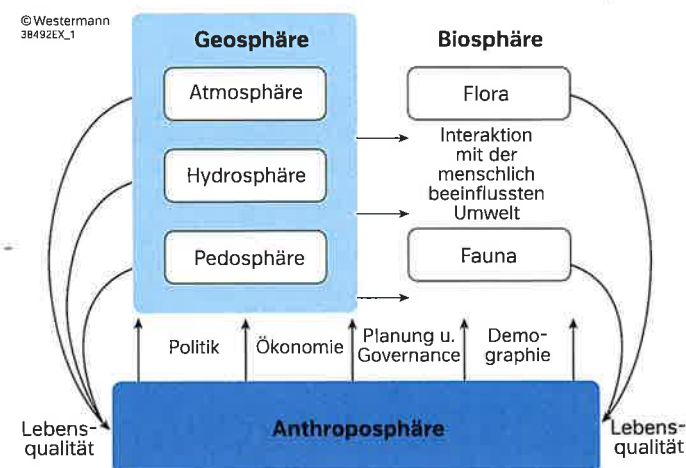
In einem natürlichen Ökosystem, dem Beziehungsgefüge zwischen den Lebewesen und ihrer unbelebten Umwelt, wie z. B. in einem natürlichen Wald, existieren weitgehend geschlossene Stoffkreisläufe. Die zyklische Umwandlung von organischen und anorganischen Stoffen erfolgt durch das Zusammenwirken von Produzenten, Konsumenten und Destruenten. Die Stoffflüsse halten sich über Rückkopplungseffekte selbstregulierend in einem dynamischen Gleichgewicht.

Das künstliche städtische Ökosystem dagegen ist in der Regel ohne das ländliche Ökosystem nicht überlebensfähig. Die Stadt ist auf einen intensiven Stoff- und Energieeintrag sowie Austausch mit ihrem nahen und fernen Umland angewiesen. Um den städtischen Lebensraum funktionsfähig zu erhalten, wurden vom Menschen Steuerungs- und Regulationsmechanismen zur **Ver- und Entsorgung** geschaffen, u. a. die Energie-, Trinkwasser-, Nahrungsmittel-, Rohstoffversorgung, Abfall- und Abwasserentsorgung. Städte sind abhängig vom Input des Umlands und belasten meistens das Umland aufgrund ihres städtischen Outputs.

Um bei weiterer Urbanisierung auch in Zukunft eine möglichst hohe Lebensqualität der Stadtbewohner zu gewährleisten, sind im Sinne einer nachhaltigen Stadtentwicklung stadtplanerische Konzeptionen als zirkuläre, regenerative Systeme anzustreben. Durch Strategien nachhaltigen Managements verbleiben dann die Stoffflüsse durch Wiederverwendung bzw. Wiederaufbereitung der Ressourcen weitgehend im System Stadt.

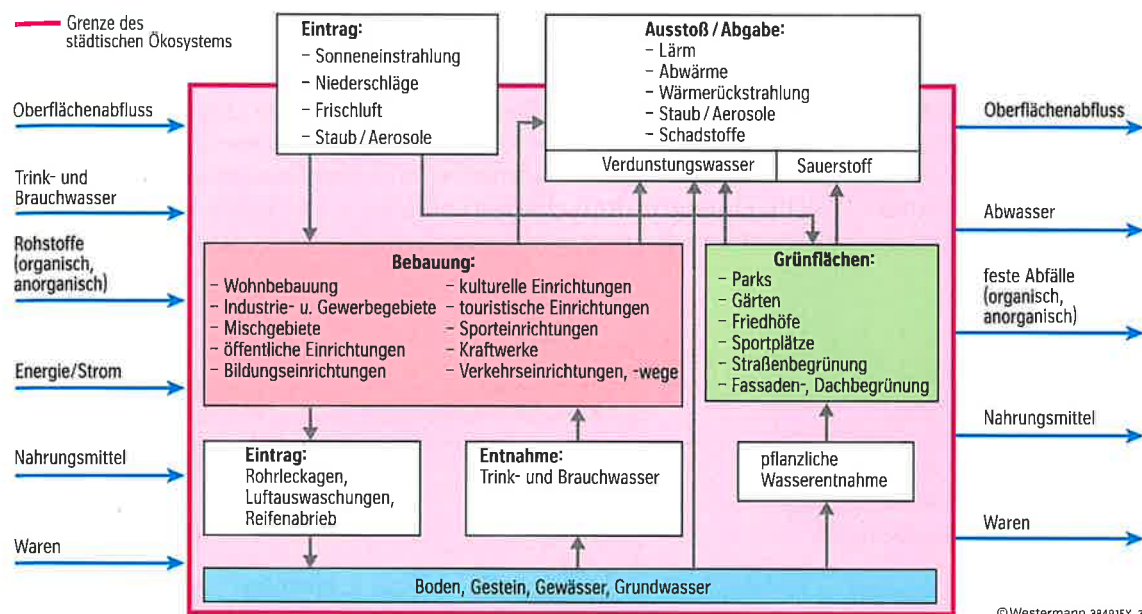


M 2 Struktur eines natürlichen Ökosystems



M 4 Struktur eines urbanen Ökosystems

M 2 Basisinformation



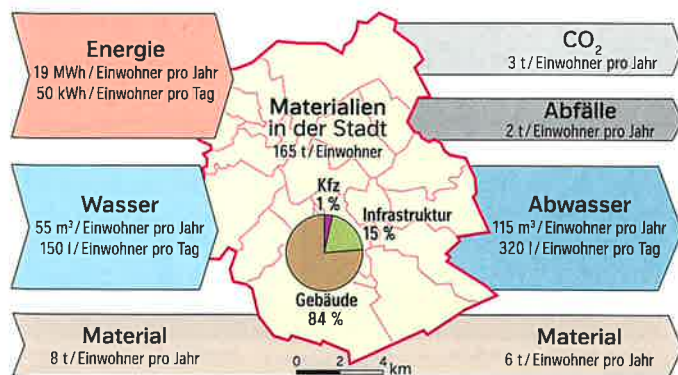
Die Gesamtheit aller Stoff- und Energieströme in einem städtischen Ökosystem wird auch als „urbaner Metabolismus“ bezeichnet. Dieser charakterisiert einen bestimmten Zustand einer Stadt und ändert sich mit deren Entwicklung. Die Analyse von Stoff- und Energieflussberechnungen einer Stadt ist vor dem Hintergrund der Bevölkerungsdynamik die Grundlage für Maßnahmen nachhaltiger Stadtentwicklung.

### M 5 Modell von Stoff- und Energieströmen in einem städtischen Ökosystem

Städte bedeckten im Jahr 2019 zwar nur fünf Prozent der Erdoberfläche, waren aber für 70 bis 80 Prozent des Verbrauchs an natürlichen Ressourcen und 50 Prozent des weltweiten Abfalls verantwortlich. Sie verursachten 76 Prozent des  $\text{CO}_2$ -Ausstoßes und trugen massiv zum Klimawandel bei. Zudem erzeugen ineffiziente Prozesse im städtischen Kontext unnötige Kosten. So stehen in Europa Autos heute rund 92 Prozent der Zeit, 31 Prozent der Lebensmittel verderben oder werden durch Wegwerfen verschwendet. Büros werden im Durchschnitt nur 35 bis 50 Prozent der Zeit genutzt.

Städte spielen beim gesellschaftlichen Wandel zu mehr Nachhaltigkeit eine zentrale Rolle. Für die Entwicklung von „Kreislaufstädten“ sind technische Innovationen, die Neuentwicklung oder Umgestaltung der Infrastruktur, das Entwickeln nachhaltiger Geschäftsmodelle und die Motivation der Bürger für einen nachhaltigen Lebensstil wesentliche Herausforderungen. Dafür gibt es jedoch keine Patentlösung. Die kommunalen Entscheidungsträger müssen im Dialog mit ihren Bürgern herausarbeiten, wie der Wandel der Stadt realisiert werden kann. Die Analyse des „urbanen Metabolismus“ arbeitet die Nutzungsmuster heraus und entwickelt daraufhin geeignete Strategien, wie die Förderung von Recycling und das Teilen von Ressourcen hinsichtlich einer Kreislaufwirtschaft.

### M 6 „Kreislaufstädte“ – die nachhaltige Lösung



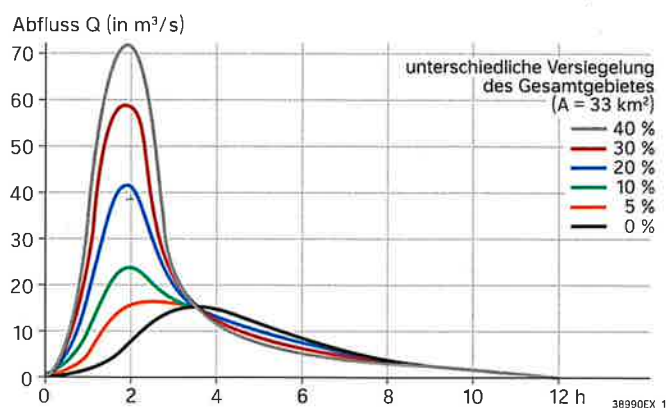
### M 7 „Urbane Metabolismus“ von Brüssel (1,2 Mio. Einw.)

Im Rahmen der nachhaltigen Stadtentwicklung werden bei Entscheidungen zur Nutzung städtischer Flächen die Leistungen des Ökosystems bewertet, um das menschliche Wohlbefinden positiv zu beeinflussen. Diese Funktionen erbringt die Stadtnatur und wird von den Bewohnern bewusst oder unbewusst genutzt.

Die urbanen Grünräume, das Stadtgrün, wie Gärten, Parks, Alleen sowie die städtischen Gewässer, das Stadtblau, wie Springbrunnen sind meistens künstlich designt. Sie beeinflussen das Stadtklima positiv und tragen zur Aufrechterhaltung städtischer Stoffkreisläufe bei. Außerdem sorgen sie für die Regulierung von Abflussspitzen nach Starkniederschlägen und unterstützen die Grundwasserbildung bzw. die Bodenbildung und damit deren Filterwirkung für die Qualität des Grundwassers. Urbane Grün- und Wasserflächen sind für die Lebensqualität der Stadtbewohner, auch in ihrer kulturellen Leistung hinsichtlich sozialer Interaktion und Kommunikation sowie zur Naherholung von Bedeutung.

Für die Biodiversität spielt auch die Folgevegetation auf Freiflächen, in Mauerritzen und zwischen Pflastersteinen eine wichtige Rolle. Zahlreiche Tierarten, wie zum Beispiel Singvögel, Marder, Füchse, Waschbären und Fledermäuse, sind zu Kulturfolgern und somit zum festen Bestandteil städtischer Ökosysteme geworden.

### M 8 Stadtnatur – Ressource zukunftsfähiger Stadtentwicklung



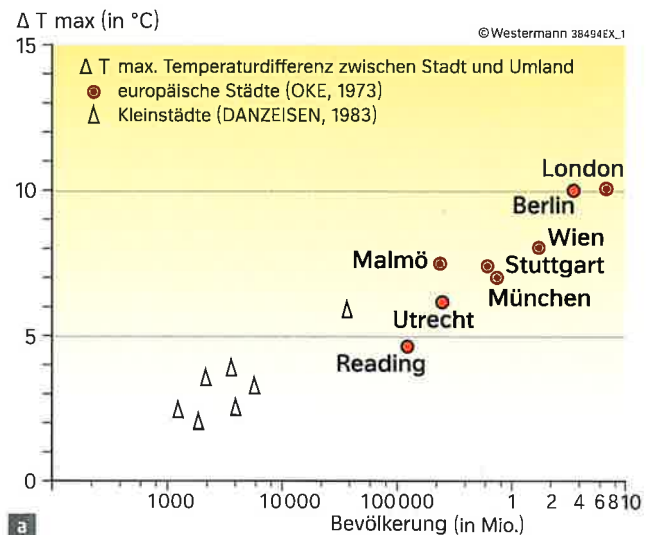
### M 9 Zusammenhang von Wasserabfluss und Versiegelungsgrad



## Stadtklima – mehr als nur heiße Luft

Ein gesundes Stadtklima ist für das Wohlbefinden der Stadtbewohner existenziell. In vielen Städten beeinträchtigen aber Hitzestress, hohe Schadstoffbelastungen der Luft, Feinstaub und erhöhte Ozonwerte die Menschen in ihrer körperlichen und psychischen Gesundheit. Im Zuge der globalen Klimaerwärmung werden sich derartige Effekte weiter verstärken, jedoch arbeiten Stadtklimaforscher und Stadtplaner an klimatisch und lufthygienisch lebenswerten Städten. Welche Eigenschaften charakterisieren ein typisches Stadtklima und inwiefern kann dieses hinsichtlich der städtischen Lebensqualität positiv beeinflusst werden?

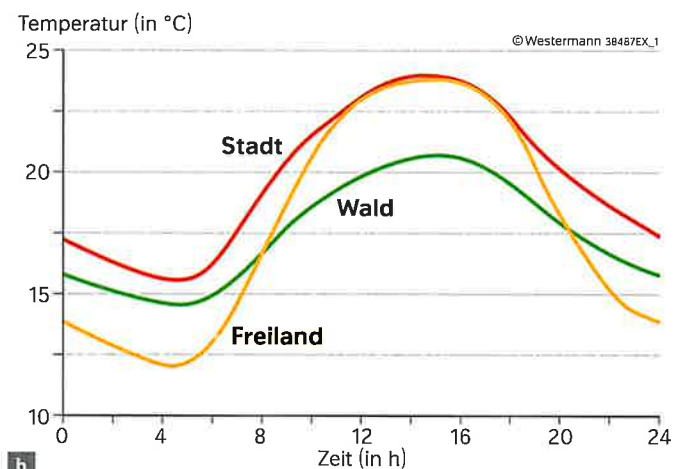
- 1 Analysieren Sie die Diagramme M1 a und b.
- 2 Erklären Sie die Entstehung des städtischen Wärmeinseleffekts und begründen Sie, weshalb dieser nicht ganztägig auftritt (M2, M3).
- 3 Überprüfen Sie die Aussage (M2): „Städte sind als Trockeninseln auch extremer Hochwassergefahr ausgesetzt.“
- 4 a) Stellen Sie die stadtklimatische Situation von Stuttgart dar (M4, M6 – M8, Atlas). ↗ WES-101475-029  
b) Erstellen Sie aus M4 a und b (A – D) zwei Temperaturprofile in einem Diagramm (1 °C entspricht 1 cm) und begründen Sie diese (S. 137).
- 5 Erstellen Sie ein Wirkungsgefüge zu dem Einfluss des Klimawandels, seinen Folgen und Maßnahmen auf das Stadtklima (M5, S. 138).



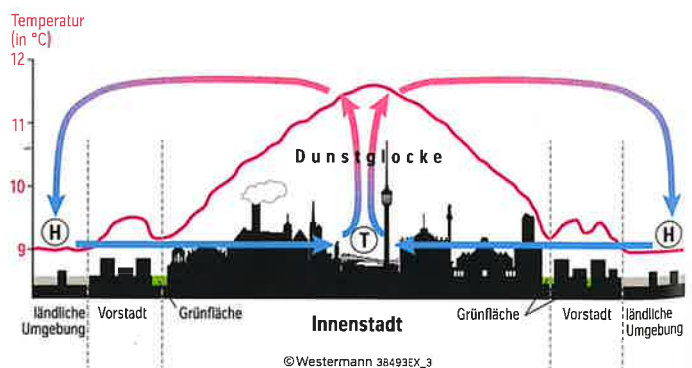
Im Vergleich zum ländlich geprägten Umland tritt der städtische Lebensraum zu bestimmten Tageszeiten und insbesondere im Sommer als **Wärmeinsel** in Erscheinung. Das Ausmaß der Überwärmung der Stadtfläche hängt dabei von der Stadtgröße, dem Versiegelungsgrad, der architektonischen Gestaltung und von der Durchlüftung der Stadt ab. Tagsüber erhalten Städte infolge der städtischen Dunstglocke durch die Anreicherung von Wasserdampf und Spurengasen weniger kurzweilige, energiereiche Sonneneinstrahlung und reflektieren infolge höherer Albedowerte einen größeren Teil der Globalstrahlung. Dennoch absorbiert die enorm große Oberfläche des Stadtkörpers die eingestrahelte Energie schnell und in großem Umfang. Die Baumaterialien zeigen dabei eine große Wärmespeicherkapazität und Wärmeleitfähigkeit. Folglich wird tagsüber „der Akku“ der Stadt aufgeladen. Nachts gibt der städtische Baukörper die tagsüber gespeicherte Energie als langwellige Strahlung wieder ab, d.h., „der Akku“ der Stadt wird entladen, was zu einer Erhöhung der Lufttemperatur führt.

Je höher der Versiegelungsgrad einer Stadt ist, desto schneller fließt der Regen ab und desto weniger Energie wird für Verdunstungsprozesse verbraucht, die somit zusätzlich für die Erhöhung der Lufttemperatur zur Verfügung steht. Zudem heizt die Abwärme des Verkehrs, von Häusern und Betrieben die Atmosphäre im Stadtbereich weiter auf.

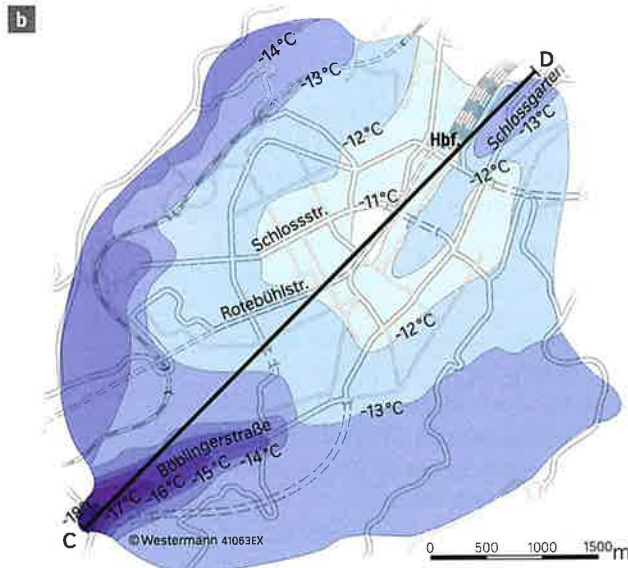
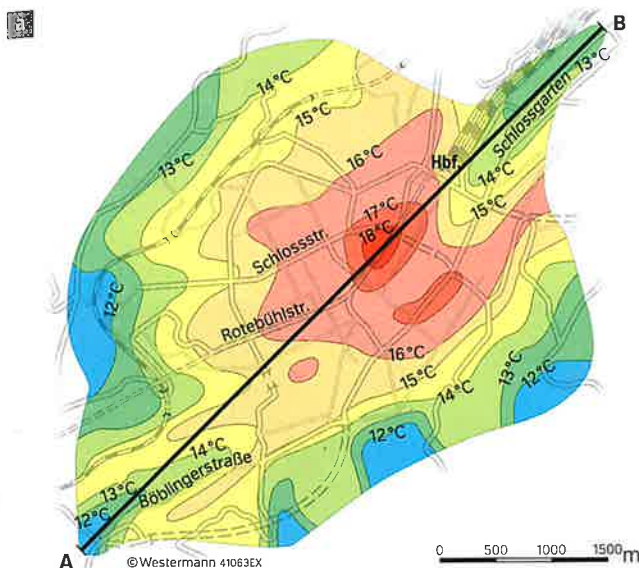
In der Regel verzeichnen Städte häufigere und stärkere Niederschläge als ihr Umland, da die städtische Dunstglocke aufgrund ihrer hohen Konzentration an Kondensationskernen die Niederschlagsbildung begünstigt. Bei hohem Versiegelungsgrad sind Städte jedoch zugleich Trockeninseln, da aufgrund geringer Verdunstung, durch schnell abfließendes Regenwasser bzw. geringen Bewuchs, und hohe Lufttemperaturen eine nur geringe relative Luftfeuchte vorherrscht. Im Zuge der globalen Erderwärmung wird erwartet, dass die Temperaturen in den Städten insgesamt weiter ansteigen.



M1 Eigenschaften des Stadtklimas



M2 Basisinformation



**M 4** a) Temperaturverteilung um 6 Uhr an einem Augusttag und b) um 22.30 Uhr an einem Januartag in Stuttgart

Städte zählen als Wirtschaftszentren zu den Hauptverursachern des Klimawandels. Maßnahmen zum Klimaschutz müssen Risiken wie die Gesundheitsgefährdung der Stadtbewohner durch Temperaturerhöhung, Geruchsbelästigung/Schädlingsbefall durch stehendes Abwasser, Trinkwassermangel durch fehlende Grundwasserneubildung, fehlende Transpirationskühlung durch vertrocknetes Stadtgrün sowie Gebäudeschäden durch Starkregen/-wind verhindern.

Für ein gesundes Stadtklima sind Anpassungs- und Vermeidungsstrategien über eine nachhaltige Stadtentwicklung gefordert. Grundsätzlich soll der Flächenverbrauch gesenkt werden – durch flächensparendes Bauen, Verdichtung des Stadtkörpers, Bündelung von Verkehrsinfrastruktur, Bereitstellung von Ausgleichsflächen und Flächenrecycling nicht mehr genutzter Flächen. Mit der Reduktion versiegelter Flächen, z. B. über die Nutzung von Pflastersteinen anstatt Asphalt, wird die Versickerung von Niederschlagswasser und somit eine höhere Verdunstung begünstigt. Durch Erhöhung des Anteils städtischer Grünflächen wird ebenfalls der Oberflächenabfluss verringert und über die Transpiration der Pflanzen die Lufttemperatur der unmittelbaren Umgebung spürbar gesenkt. Auch die Begrünung von Hausfassaden und Dächern hat mikroklimatisch positive Auswirkungen: Luftpolster und Transpiration besitzen eine temperatursenkende Wirkung, sodass sich die Gebäudeoberflächen im Sommer weder stark aufheizen noch im Winter stark auskühlen. Zudem unterstützt insbesondere die Dachbegrünung die Rückhaltung von Niederschlag. Jegliches Stadtgrün wirkt sich zudem durch seine Filterwirkung von Luftverunreinigungen, vor allem von Feinstaubbelastungen, auf die lufthygienische Situation einer Stadt positiv aus.

Die Hitzebelastung einer Stadt wird unter anderem durch die Erhaltung von Frischluftschneisen gesenkt. Sie verhindern Stau-effekte der Luftmassenströmungen und ermöglichen dem Flurwind, infolge thermischer Luftdruckunterschiede zwischen Umland und Stadt kühlere Luft ins Stadtzentrum zu transportieren. Die staubfreie Luft des Umlands verringert zudem die Emissionsbelastung in der Stadt. Die bessere Dämmung von Gebäuden, die Verringerung der Albedo durch relativ dunkle Wände im Winter sowie die Erhöhung der Albedo im Sommer durch möglichst helle Dächer reduzieren den Energiebedarf durch Heizung bzw. Kühlung. Solaranlagen auf den Dächern sowie nachhaltige Mobilitätskonzepte tragen zudem zur Minderung des städtischen Wärmeinseleffektes bei.

#### **M 5** Strategien zur Verbesserung des Stadtklimas

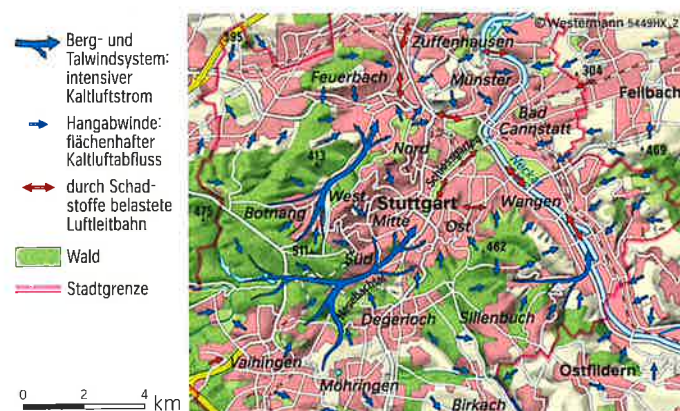
	Unterschied der Stadt zum Umland
Globalstrahlung	- 15 bis - 20 %
Sonnenscheindauer Sommer (Winter)	bis - 8 % (bis - 10 %)
Lufttemperatur im Jahresmittel	+ 0,05 bis + 2 K
relative Luftfeuchtigkeit	- 2 bis - 8 %
mittlerer Jahresniederschlag	+ 5 bis + 10 %
Windgeschwindigkeit	- 20 bis - 30 %
Vegetationsperiode	bis - 10 Tage

#### **M 6** Klimaunterschiede zwischen Stadt und Umland

Stuttgart liegt größtenteils im Neckarbecken mit Höhenunterschieden von etwa 260 m zwischen Talboden und umgebenden Höhenkranz. Die Innenstadt von Stuttgart weist wegen ihrer Kessellage im Nesenbachtal ein eigenes Stadtklima auf:

- Lufttemperaturen: Jahresmittel 9 °C, Januarmittel 0 °C, Julimittel 20 °C
- Niederschlag: Jahressumme 679 mm,
- Wind: Südwestwind zu 44 % mittlerer jährlicher Häufigkeit mit mittlerer Windgeschwindigkeit von 1,5 m/s
- Sonnenstunden: 1600 – 1700 /Jahr, Juli 16 h /Tag, Dezember 8 h /Tag

#### **M 7** Klimasituation der Stuttgarter Innenstadt



#### **M 8** Kaltluftschneisen in Stuttgart