

# Grüne Infrastruktur für resiliente Städte

Das Projekt «Klimaschutz und grüne Infrastruktur» verfolgte einen integrierten Ansatz: Klimaregulation, Biodiversitätsförderung und Freiraumqualität durch grüne Infrastrukturen wurden ergänzt um Klimaschutzanalysen sowie die Erarbeitung von Umsetzungsstrategien.

## Une infrastructure verte pour des villes résilientes

Le projet «Klimaschutz und grüne Infrastruktur» («Protection du climat et infrastructure verte») obéissait à une démarche intégrée: régulation climatique, promotion de la biodiversité et amélioration de la qualité des espaces non bâtis par l'infrastructure verte ont été complétées par des analyses en matière de protection du climat et par l'élaboration d'une stratégie de mise en œuvre.

Stephan Pauleit, Teresa Zölch, Julia Brasche

Grüne Infrastruktur, das heisst Netzwerke aus Grünflächen und Gewässern<sup>1</sup>, kann zur Klimawandelanpassung beitragen<sup>2</sup>. Ausschlaggebend sind regulative Ökosystemleistungen: Kühlung der Luft durch pflanzliche Verdunstung, Verschattung durch Bäume und Regenwasserrückhalt durch Vegetation.

### Methoden

Im Rahmen unseres Forschungsprojekts<sup>3</sup> haben wir in Simulationen von Begrünungsszenarien die Wirkung städtischer Vegetation auf den thermischen Komfort des Menschen, den Regenwasserabfluss und den Energiebedarf in Wohngebäuden quantifiziert. Unterschieden haben wir Szenarien mit Bäumen, Dach- oder Fassadenbegrünung unter jeweils heutigen und zukünftigen Klimabedingungen. Die qualitativen Auswirkungen auf Biodiversität und Freiraumqualität für drei typische Siedlungsstrukturen wurden mit integrativen Entwürfen, die Umsetzbarkeit anhand empirischer Sozialforschung analysiert.

### Ergebnis

Die Wirkung der drei untersuchten Begrünungsmassnahmen unterscheidet sich nach Art der Begrünung und der Quantität ihrer Umsetzung. Besonders geeignet zur Hitzestressreduktion sind Baumpflanzungen, welche die verschattete Fläche vergrössern und die Umgebungsluft kühlen. Auch die Fassadenbegrünung erhöht die Luftfeuchtigkeit. Durch die Verschattung der Gebäudewände sinkt zudem die Wärmerückstrahlung. Dagegen erbringt die Dachbegrünung eine geringere Kühlleistung. Ihre Wirkung auf den thermischen Komfort im Freiraum beschränkt sich bei niedrigen Gebäuden auf die Innenhöfe. Somit kann grüne Infrastruktur die Klimawandelauswirkungen mildern und den Hitzestress auf das heutige Niveau senken.

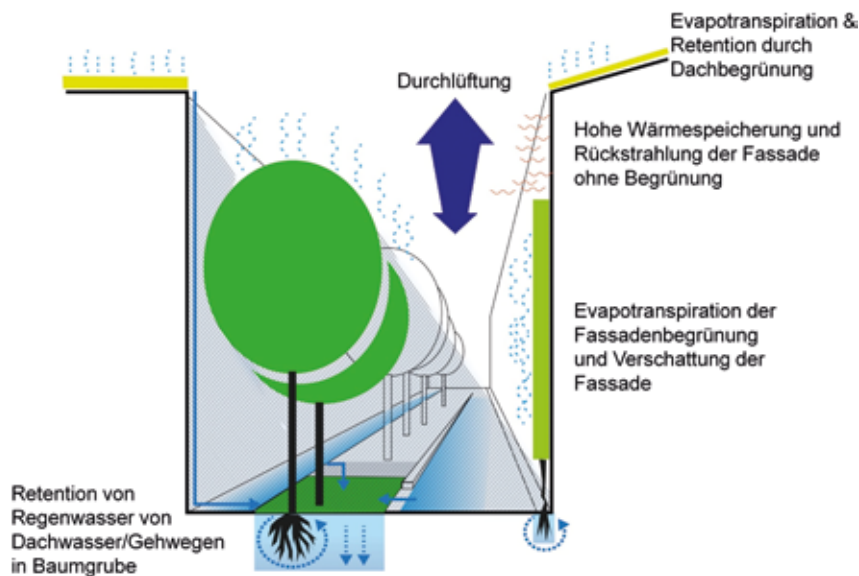
L'infrastructure verte, soit l'ensemble des réseaux composés de surfaces vertes ainsi que de cours et de plans d'eau<sup>1</sup>, peut contribuer à l'adaptation au changement climatique<sup>2</sup>. Les effets régulateurs des écosystèmes – rafraîchissement de l'air par l'évaporation végétale, ombre dispensée par les arbres et rétention des eaux pluviales par la végétation – sont déterminants.

### Méthodes

Dans le cadre de notre projet de recherche<sup>3</sup>, la simulation de différents scénarios de végétalisation nous a permis de quantifier les effets de la végétation urbaine sur le confort humain, sur le ruissellement des eaux pluviales et sur les besoins énergétiques au sein des bâtiments résidentiels. Les scénarios en question faisaient intervenir la plantation d'arbres, la végétalisation des toitures ou celle des façades, en tenant compte des conditions actuelles et futures. Les effets qualitatifs de ces scénarios sur la biodiversité et la qualité des espaces non bâtis ont été analysés pour trois types de tissu urbain, au moyen de projets intégratifs, tandis que leur faisabilité a été évaluée en recourant aux outils de la recherche sociale empirique.

### Résultats

Les effets des trois catégories de mesures étudiées varient en fonction de la nature et de la quantité de la végétation prévue. Les plantations d'arbres qui augmentent les surfaces ombragées et rafraîchissent l'air sont particulièrement aptes à réduire le stress causé par les grandes chaleurs. La végétalisation des façades accroît aussi l'humidité de l'air et, en couvrant les murs, elle diminue la réflexion du rayonnement thermique. Quant à la végétalisation des toitures, elle possède un pouvoir rafraîchissant moindre, ses effets sur le confort thermique à l'air libre se limitant aux cours intérieures délimitées par des bâti-



1

ZSK TP1 2017 (4)

### 1 Elemente grüner Infrastruktur in einem Strassenzug und ihre Regulationsleistungen für Stadtklima und Wasserhaushalt.

Les éléments verts dans un train routier et leurs services de régulation pour améliorer le climat urbain et le bilan hydrique.

Zur Regulation von Starkregenereignissen ist der Flächenanteil für die Infiltration in den Boden beziehungsweise die Retention von Regenwasser entscheidend. Im Modell der Blockbebauung erweist sich die Dachbegrünung als effektivste Massnahme, da Flachdächer der Hinterhofgebäude begrünt werden können. Bei Baumpflanzungen sind die Baumscheiben gross und möglichst unversiegelt zu planen. Bestenfalls kann in der Blockbebauung der Regenwasserabfluss um bis zu 14 Prozent vermindert werden. Weiterhin ist lokales Regenwassermanagement erforderlich, zum Beispiel mit Mulden-Rigolen-Systemen. Vegetation reguliert nicht nur das Klima im Freiraum, sondern auch in den Gebäuden. Besonders Bäume ermöglichen im Sommer ein angenehmes Innenraumklima durch Verschattung und Kühlung der Umgebungsluft und senken so den Bedarf an technischen Kühlgeräten.

#### Freiraum und Biodiversität

Die Reorganisation der Verkehrsflächen sowie eine In-Wert-Setzung ungenutzter Dach- und Fassadenflächen ermöglichen ein vielfältiges Mosaik von Lebensräumen – belebte Strassen, begrünte Hinterhöfe und öffentliche Grünflächen. Im Strassenraum steigern Bäume, Fassadenbegrünung und Tiefbeete als Versickerungsflächen die räumliche und ökologische Qualität. Zwischen der dichten Bebauung entstehen Räume für Fussgänger\_innen und Radfahrer. Die Kombination aus Gehölzpflanzungen und begrünten Dächern oder Fassaden schafft in den Höfen Rückzugsorte für Flora und Fauna, den Menschen eingeschlossen.

#### Umsetzung

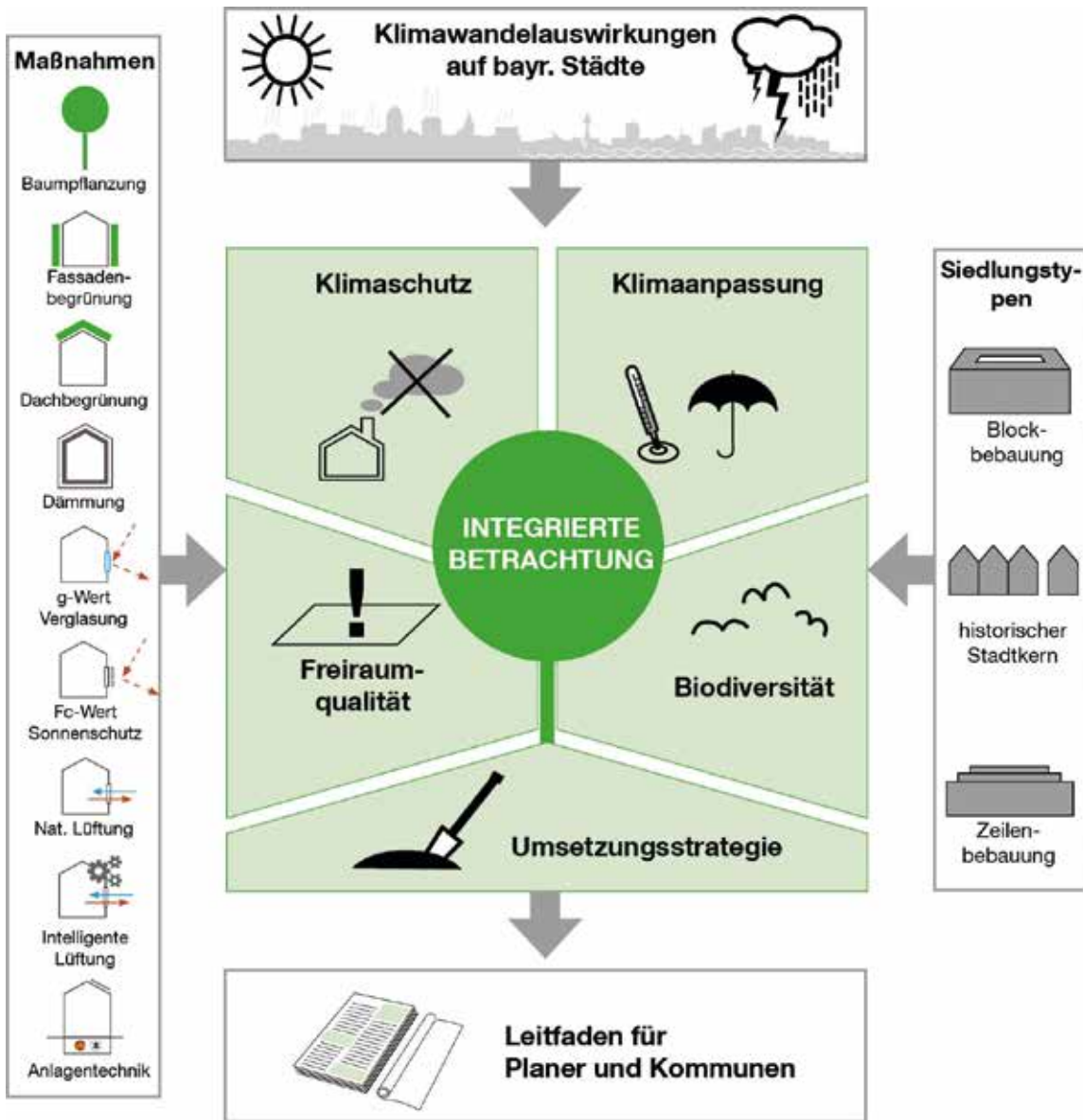
Klimaschutz- und Klimaanpassungsmassnahmen gehören in Deutschland nicht zu den kommunalen Pflichtaufgaben. Kommunen verfügen aber über

ments de faible hauteur. L'infrastructure verte est donc en mesure d'atténuer l'impact du changement climatique et de maintenir à son niveau actuel le stress dû aux fortes chaleurs.

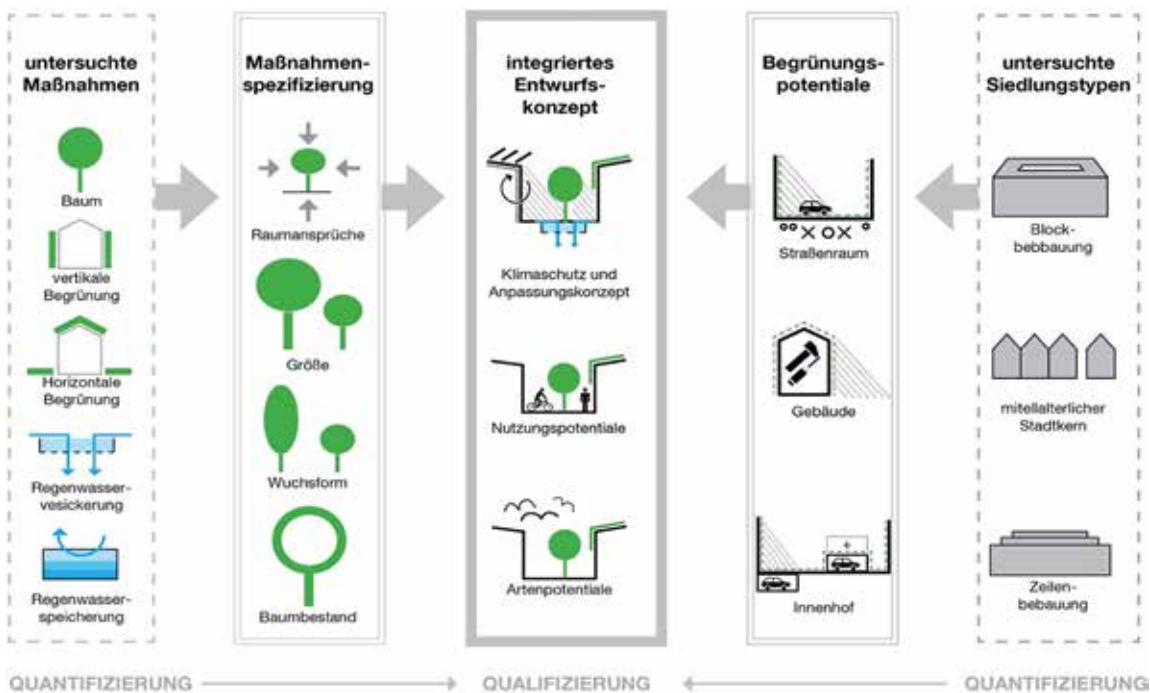
Pour réguler les fortes précipitations, le taux des surfaces propices à l'infiltration dans le sol et la rétention des eaux pluviales sont des facteurs déterminants. Dans une morphologie urbaine en îlots, la végétalisation des toitures apparaît comme la mesure la plus efficace, puisque les toits plats des bâtiments érigés dans les cours peuvent, eux aussi, être végétalisés. Lors de la plantation d'arbres, on veillera à ménager à leur pied une surface perméable aussi étendue que possible. Dans le cas des îlots, le ruissellement des eaux pluviales peut, au mieux, être réduit de quatorze pour cent. Il est, en outre, indispensable de mettre en place un système de gestion locale de ces eaux, avec des noues d'infiltrations et de rigoles par exemple. La végétation ne régule pas seulement le climat en plein air, mais aussi à l'intérieur des bâtiments. En été, les arbres génèrent un climat ambiant agréable en procurant de l'ombre et en rafraîchissant l'air extérieur, ce qui réduit les besoins en climatisation.

#### Espaces non bâtis et biodiversité

La réorganisation des surfaces destinées aux transports et la mise en valeur des surfaces de toitures et de façades inutilisées permettent le développement d'une véritable mosaïque d'espaces de vie (rues animées, cours végétalisées et espaces verts publics). Les arbres, les façades végétalisées et les plates-bandes où l'eau peut s'infiltrer améliorent les qualités spatiales et écologiques des rues. Le bâti dense délimite des espaces pour les piétons et les cyclistes. Dans les cours, la combinaison entre plantation d'arbres et végétalisation des toitures et des façades crée des lieux abrités pour la flore et la faune – êtres humains compris.



2



3



Baum



Dachbegrünung



Fassadenbegrünung



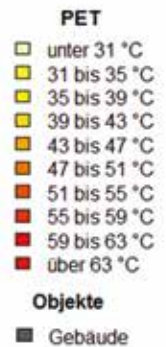
-13%



-0,5%



-10%



Hitzetage um 15 Uhr in 1,4m Höhe



4

#### 2 Der integrierte Ansatz im Projekt «Klimaschutz und grüne Infrastruktur in der Stadt».

L'approche intégrée dans le projet «Protection du climat et infrastructures vertes dans la ville».

#### 3 Erarbeitung des integrierten Entwurfskonzepts. Développement du projet intégré.

4 Reduktion des Hitze-stresses im Vergleich zur heutigen Begrünungssituation: Die thermische Belastung in der Blockbebauung unter heutigen Klimabedingungen mit zusätzlicher Baumbepflanzung (links), Dachbegrünung (Mitte) und Fassadenbegrünung (rechts) um 15 Uhr eines Hitzetages. Bei PET-Werten (Physiologisch Äquivalente Temperatur) über 41 °C spricht man von extremem Hitzestress im Aussenraum.

Réduction du stress thermique par rapport à la végétalisation actuelle: la charge thermique du bâtiment dans les conditions climatiques actuelles avec la plantation d'arbres supplémentaires (à gauche), la végétalisation du toit (au centre) et celle de la façade (à droite) à 15 h par forte chaleur. Les valeurs de PET (Physiologically Equivalent Temperature) supérieures à 41°C correspondent à un stress thermique extrême à l'extérieur.

Instrumente zu ihrer Umsetzung, zum Beispiel die Grünordnungsplanung oder Freiflächengestaltungssatzungen. Bereits während der Wettbewerbsverfahren sind Begrünungsmassnahmen (gezielt) für die Klimawandelanpassung zu fordern. Umsetzungshemmnissen im Bestand kann mit Anreiz- und Förderprogrammen begegnet werden. Wichtig ist die Verknüpfung mit wirtschaftlichen Effekten; so kann zum Beispiel eine gesplittete Abwassergebühr Anreize für Entsiegelungsmassnahmen geben.

#### Fazit

Klimawandelanpassung ist selbst in dichten Stadtquartieren machbar. Um die heutigen thermischen Verhältnisse zu bewahren, ist die Erhöhung des Grünflächenanteils von unter 10 Prozent auf 20–25 Prozent erforderlich. Erreichen lässt sich dies nur durch radikale Neugestaltung der Mobilität und der unterirdisch verlaufenden Infrastrukturen. Zwangsläufig sind in die nachhaltige Stadtentwicklung vielzählige Akteure aus Verwaltung und Zivilgesellschaft, inklusive privater Grundeigentümer, einzubeziehen.

#### Mise en œuvre

En Allemagne, les mesures de protection du climat et d'adaptation au changement climatique ne font pas partie des tâches communales obligatoires. Les communes disposent, toutefois, des instruments nécessaires pour les mettre en œuvre, comme les plans des structures vertes (Grünordnungspläne) ou les règlements relatifs à l'aménagement des espaces non bâtis (Freiflächengestaltungssatzungen). Des mesures de végétalisation ciblées devraient être imposées dès les procédures de concours. Les obstacles à la mise en œuvre peuvent être surmontés à l'aide de programmes d'incitation, tout en tenant compte des aspects économiques.

#### Conclusions

L'adaptation au changement climatique est réalisable même dans les quartiers urbains denses. Pour y maintenir les conditions thermiques actuelles, il faut faire passer le taux de surfaces vertes, aujourd'hui inférieur à dix pour cent, à 20 ou 25 pour cent. Cela ne pourra se faire qu'en réorganisant radicalement la mobilité et les infrastructures souterraines, et en impliquant, dans le développement urbain, les multiples acteurs issus de l'administration et de la société civile ainsi que les propriétaires privés.

#### Bibliografie / Bibliographie

- Hansen, R., Rolf, W., Pauleit, S., Born, D., Bartz, R., Kowarik, I., Lindschulte, K. Becker., C. W.: Urbane Grüne Infrastruktur. Grundlage für attraktive und zukunftsfähige Städte. Hinweise für die kommunale Praxis. F+E-Vorhaben «Grüne Infrastruktur im urbanen Raum: Grundlagen, Planung und Umsetzung in der integrierten Stadtentwicklung». FKZ 3515820800. Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN), 2017.
- Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., Pauleit, S.: Adapting cities for climate change: The role of green infrastructure. Built Environment, 33(1), 2007. P. 115–133.
- Die Ergebnisse des Forschungsprojekts, gefördert vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, sind publiziert unter: [www.zsk.tum.de](http://www.zsk.tum.de) [30.06.2018].