



URBANE STRATEGIEN ZUR HITZEMINDERUNG

WIE WIRKSAM SIND BLAU-GRÜNE INFRASTRUKTUREN?

Schwammstadt, grüne Infrastruktur, WSUD, LID, SuDS – für das Konzept, den Wasserhaushalt in der Stadt naturnaher zu gestalten, gibt es viele Namen. All diese Ansätze versprechen verschiedenste naturnahe Servicefunktionen, die für die Adaptation unserer Städte an den Klimawandel eine zentrale Rolle spielen. Dieser Artikel geht der Frage nach, was wir über die Wirkung für die Hitzereduktion solcher «blau-grüner Infrastrukturen» wissen, wie wir diese quantifizieren und effektiv planen können.

Peter Marcus Bach*, Eawag

Noémie Probst; Max Maurer, ETH Zürich

RÉSUMÉ

STRATÉGIES DE RÉDUCTION DE LA CHALEUR EN MILIEU URBAIN : QUELLE EST L'EFFICACITÉ DES INFRASTRUCTURES VERTES ET BLEUES?

Le terme «infrastructures vertes et bleues» (IVB) comprend quatre éléments essentiels: (1) une vision stratégique de la planification, (2) l'influence de la végétation et/ou de l'eau, (3) le potentiel de fournir des services écosystémiques et (4) une meilleure interconnexion des espaces proches de l'état naturel.

Une étude approfondie de la littérature montre que les IVB peuvent avoir un impact considérable sur la réduction de la chaleur. Les mécanismes de refroidissement qui entrent en jeu sont surtout l'évaporation et la réduction du stockage thermique des surfaces urbaines. De ce fait, la végétalisation et les plans d'eau ouverts jouent en particulier un rôle central. Pour qu'ils puissent avoir un impact, la disponibilité de l'eau est importante, par exemple grâce au stockage des eaux de pluie ou à l'irrigation active durant les phases de sécheresse.

Les grandes IVB disposent d'un potentiel de réduction de la chaleur de plusieurs degrés et d'un rayonnement de plusieurs centaines de mètres. Les petites installations ont un impact similaire, mais bien plus localisés. La littérature montre clairement que des solutions uniformes ne sont pas possibles et qu'il est absolument nécessaire d'avoir recours à une planification globale et locale. Les premiers modèles de simulation sont disponibles

BLAU-GRÜNE INFRASTRUKTUREN (BGI)

Die Siedlungsentwässerung steht vor enormen Herausforderungen. Auf der einen Seite gelangt die bestehende Infrastruktur an die Kapazitätsgrenze; auf der anderen Seite wachsen Bedürfnisse wie auch Ansprüche, z.B. an den Überschwemmungsschutz. Zudem wird es in Zukunft nicht mehr genügen, einen Nachweis für die Entwässerungsleistung bei fünf- oder zehnjährigen Ereignissen zu machen, sondern es wird eine risikobasierte Massnahmenplanung für die Schadenminimierung des Oberflächenabflusses nötig werden.¹ Da viel Wachstum innerhalb der Siedlungen mit baulicher Verdichtung einhergehen wird, muss die Kapazitätserweiterung vermehrt im Bestand stattfinden.

Verschärfend kommen die Auswirkungen des Klimawandels dazu. Verglichen mit der Auswertung von Hörler und Rhein [1], hat die Häufigkeit und Intensität der für die Siedlungsentwässerung relevanten Starkregen signifikant zugenommen [2]. Diese Entwicklung wird sich mit der zunehmenden Klimaerwärmung noch deutlich verstärken.

Die Zukunft bringt für die Städte noch viele weitere Herausforderungen: zunehmende Hitzeereignisse und Trockenperioden [3], die Kompensation der schwindenden Biodiversität sowie den

* Kontakt: peter.bach@eawag.ch

Erhalt lebenswerter Wohn- und Arbeitsumgebungen der Bevölkerung. Eine attraktive Antwort auf viele dieser Herausforderungen sind sogenannte blau-grüne Infrastrukturen (BGI). Diese werden bereits heute für viele Aspekte mit Erfolg eingesetzt. Beispiele in der Siedlungsentwässerung sind Retentions- und Versickerungsanlagen, welche die Ableitung entlasten und unerwünschte Überflutungen reduzieren. Aber auch Bäume und Dachbegrünung für die Hitzeminderung und Grün- und Teichanlagen für eine erhöhte Lebensqualität sind bekannte BGI. Neu ist aber der Anspruch, BGI multifunktional zu gestalten, um den Platzanspruch dieser Infrastrukturen zu optimieren und deren unterschiedliche Leistungen auch in einer Gesamtplanung quantitativ berücksichtigen zu können.

Dieser Artikel fokussiert auf die Frage, ob und wie die unterschiedlichsten Formen von BGI zur Hitzeminderung beitragen (s. auch den Review-Artikel von *Probst et al.* [4]). Diese Übersicht des aktuellen Wissenstandes wird hier mit einer Abschätzung des BGI-Einflusses auf das Stadtklima und auch auf die Biodiversität ergänzt.

HITZEMINDERUNGSPOTENZIAL VON BGI

DEFINITION

Der bereits schon in den 1990er-Jahren in den USA geprägte Begriff BGI umfasst im modernen Verständnis vier wesentliche Merkmale [4, 5]:

- strategischen Planungsabsicht
- pflanzenbasiertes (z. B. Bäume, begrünte Dächer, Stadtparks) oder wasserbasiertes (z. B. Fluss, Teich, Springbrunnen) Hauptelement
- Potenzial zu (Öko-)Systemleistungen
- bessere Vernetzung der natürlichen Räume

Diese Merkmale können technische Komponenten, gebaute Systeme oder aber auch bereits vorhandene natürliche Landschafts-elemente erfüllen. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Rolle des naturnahen Wasserkreislaufs.

TYPISIERUNG

BGI können pragmatisch in vier übergeordnete Typen kategorisiert werden:

- (1) Vegetation
- (2) offene Wasserflächen
- (3) spezielle wasserrelevante Oberflächen (z. B. wasserdurchlässiger Asphalt)
- (4) andere Massnahmen und Praktiken (z. B. Benetzen heisser Oberflächen)

Tabelle 1 gibt einen Überblick der verschiedenen Systemarten zur Eindämmung der städtischen Hitze, basierend auf einer aktuellen Literaturrecherche und der Einschätzung der Autorinnen und Autoren. Bezüglich Hitzeminderung gibt es vier zentrale Wirkmechanismen: Änderung der städtischen Luftströmung (Advektion), Beschattung, direkte Verdunstung von Wasseroberflächen, Evapotranspiration und Reduktion der gespeicherten Wärme. Im Folgenden werden die typischen hitzemindernden Wirkmechanismen diskutiert.

VEGETATION

Stadtbegrünung trägt zur Minderung der täglichen und nächtlichen Luft- und Bodentemperaturen bei. Deren Effektivität hängt aber von den Pflanzen, den passenden klimatischen Bedingungen und der Verfügbarkeit von Wasser und Boden- und Luftfeuchtigkeit ab. Je nach Art der Begrünung sind Beschattung, Evapotranspiration und die Minderung des Wärmespeichers die wichtigsten Prozesse. Planungsparameter, die berücksichtigt werden müssen, beinhalten unter anderem Vegetationshöhe, Dichte und Pflanzenart und Interaktion mit nahe liegenden Wasserflächen.

Eine Reduktion der lokalen Lufttemperatur bis zu 3 °C für kleine Systeme und bis zu 7 °C in grösseren Stadtparks ist erreichbar. Diese Kühlwirkung ist bis zu 100 m im Umfeld spürbar. Regelmässig bewässerte Grasflächen haben eine Verdunstungskühlung proportional zu ihrer Ausdehnung, können aber in Trockenperioden und ohne Bewässerung ähnlich erhitzen wie bebaute Flächen. Effektiver zur Hitzeminderung sind grössere Pflanzen und Flächen, sie benötigen aber ausreichend Platz. Gründächer und Vertikalbegrünung können auch in dicht bebauten Arealen angelegt werden. Allerdings deuten die wenigen Untersuchungen für solch kleine Anlagen darauf hin, dass die

Symbologie			Naturlandschaftselement	Gebaute Systeme	KÜHLMECHANISMEN					
					Windströmungsänderung	Beschattung	Verdunstung von der Wasseroberfläche	Evapotranspiration Boden und Vegetation	Reduktion des Wärmespeichers	
✓	Ja									
○	Design und Implementierung									
●	Kühlung									
●●	verstärkte Kühlung									
Vegetation	Gras und kurze Vegetation	✓						●	●	
	Bäume	✓			●	●		●	●	
	Stadtparks	✓			○	○	○	●	●	
	Ufervegetation	✓			○	○		●	●	
	Vertikalbegrünung		✓		○	○		●	●	
	Gründächer		✓		○	○		●	○	
	Mulden/Biorententions-/Versickerungsanlagen		✓		○	○	●	●	●	
Wasseroberflächen	Teiche und Seen	✓					●		○	
	Wasserbecken		✓				●		○	
	Flüsse	✓					●		○	
	Urbane Feuchtgebiete		✓		○	○	●	●	○	
	Springbrunnen		✓				●		○	
Oberflächen-gestaltung	Offenporiger Asphalt		✓				○	○	○	
	Reflektive/hellfarbige Oberflächen		✓						●	
Praktiken & andere Massnahmen	Grünflächenbewässerung							●●	○	
	Oberflächenbewässerung						●●		●	
	Kaltluftkorridore				●●					

Tab. 1 Überblick über die verschiedenen BGI-Optionen zur Eindämmung der städtischen Hitze, ihre Typisierung und zugrunde liegende Kühlmechanismen. Die Informationen stammen aus der Literaturrecherche und aus eigener Einschätzung (adaptiert und übersetzt von [4]).

¹ S. dazu die aktuelle Teilrevision des Wasserbaugesetzes (SR 721.100), das den Oberflächenabfluss in Siedlungen mit einschliesst.

räumliche Auswirkung der Hitzeminderung recht beschränkt zu sein scheint. Dafür weisen diese kleinen Anlagen oft weitere wichtige Funktionalitäten auf; so dienen z. B. Gründächer direkt als energetische Isolation für Gebäude. Analog dazu verfügen Anlagen wie Mulden und Biore-

tention über eine zusätzliche hydrologische Funktion, um den naturnahen Wasserhaushalt qualitativ und quantitativ zu verbessern und auch um Wasser für die Verdunstungskühlung verfügbar zu machen. Unabhängig der vielen Vegetationsmöglichkeiten zur Hitzeminderung sind

Bodenfeuchte und Wasserverfügbarkeit die wichtigsten Parameter zur Planung der Massnahmen.

OFFENE WASSERFLÄCHEN

Im Vergleich zur Begrünung ist die hitzemindernde Wirkung offener Wasserflächen weniger erforscht. Der dominierende Kühlmechanismus ist Verdunstung. Diese hängt von zwei Faktoren ab: der lokalen Windströmung und ob es sich um ein stehendes oder fliessendes Gewässer handelt. Da insbesondere stehende Gewässer während der Nacht wärmer sein können als andere natürliche Flächen, herrscht Uneinigkeit bzgl. Wirksamkeit vor allem für die nächtliche Kühlung. Die wenigen Untersuchungen deuten auf eine Minderung der Lufttemperaturen tagsüber von bis zu 3 °C für stehende Gewässer und bis zu 5 °C für Fliessgewässer hin. Die räumliche Auswirkung des Kühleffekts ist mit 50 bis 250 m vergleichbar mit grösseren Parks.

Urbane Feuchtgebiete, eine Kombination von Vegetation und offenen Wasserflächen, sind besonders attraktive Lösungen. Nicht nur bieten sie einen kühlen Naturraum für die Bevölkerung, auch leisten sie einen Beitrag zur aquatischen und terrestrischen Biodiversität. Und nicht zu vergessen sind Brunnen oder Wasserspiele, die lokale Kühlung und Lebensqualität bieten können.

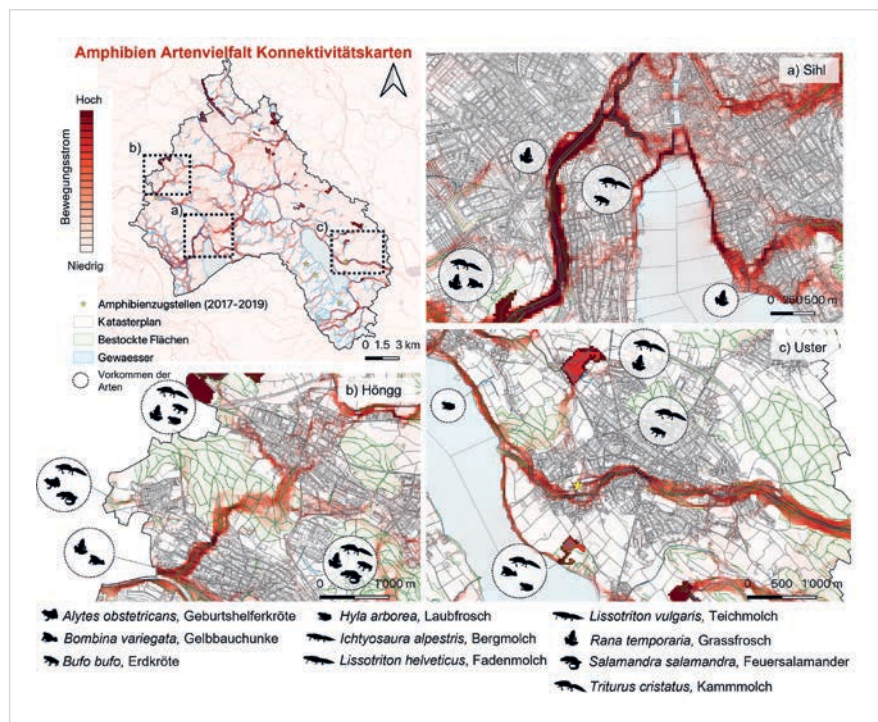
VERBESSERUNG DER BIOLOGISCHEN VIELFALT IN VOM MENSCHEN GEPRÄGTEN LANDSCHAFTEN DURCH DIE PLANUNG VON BGI

Giulia Donati, Eawag

Die Verschlechterung, der Verlust und die Isolierung von Lebensräumen aufgrund der breit gehenden Urbanisierung und der landwirtschaftlichen Produktivität bedrohen die biologische Vielfalt auf der ganzen Welt unter anderem auch, weil sie die Vernetzung von Lebensräumen beeinträchtigen [8]. Massnahmen wie BGI und der Schutz von Wasserwegen sind Lösungen zur Schadensbegrenzung. Wichtig beim Biodiversitätsschutz ist ein geplantes Netzwerk von (halb-)natürlichen blauen (d. h. aquatischen) und grünen (d. h. terrestrischen) Lebensräumen bilden zu können [9]. Solche Massnahmen sind besonders für Amphibien interessant, da sie einen zweiphasigen Lebenszyklus haben und weltweit von der Urbanisierung betroffen sind [10].

PLANUNG ZUR VERBESSERUNG DER KONNEKTIVITÄT EINER GRÖßEREN LANDSCHAFT

Mithilfe einer ökologischen Nischenmodellierung, die mit der Konnektivitätsanalyse verknüpft ist, wurden Kerngebiete (hochwertige Lebensräume) und ökologische Korridore (bevorzugte Lebensräume für die Bewegung) für zehn Arten ermittelt. Zu den vorläufigen Ergebnissen gehört, dass städtischen Grünflächen rund 11% der zentralen modellierten Ausbreitungskorridore darstellen (natürliche Gewässer sind in dieser Zahl nicht erhalten) und 3,4% mit befestigten Flächen überlappen. Dieses Beispiel ermutigt zur Entwicklung von artenübergreifenden Managementpraktiken für städtische Grünflächen sowie zur Gestaltung von BGI an gezielten Standorten, um die Konnektivität zu fördern und die Fragmentierung in den von Menschen dominierten Landschaften zu verringern.



OBERFLÄCHENGESTALTUNG

Gebaute Oberflächen haben einen wichtigen Einfluss auf die Energiebilanz einer Stadt. So können z. B. helle Oberflächen oder wasserdurchlässige Beläge zur lokalen Hitzeminderung beitragen. Die Literatur zeigt, dass dabei Bodentemperaturen tagsüber um bis zu 19 °C reduziert werden können, was einer Reduktion der Lufttemperatur von 3 bis 5 °C entspricht. Die aktuelle Forschung hat sich mit dem Design solcher Oberflächen beschäftigt, um die Aufheizung zu vermindern und gleichzeitig die Infiltration zu begünstigen. Bezüglich Kühlung ist auch hier die Verdunstung von verfügbarem Wasser am effektivsten. Entsprechend relevant ist die mögliche Speicherung von Wasser im Untergrund und dessen Verfügbarkeit auch während Trockenperioden.

Reflektierende Oberflächen fallen streng genommen nicht unter die Bezeichnung BGI, zeigen aber vergleichbare Hitzeminderungen.

PRAKTIKEN UND ANDERE MASSNAHMEN

Praktiken beinhalten hauptsächlich die gezielte oder unterstützende Anwendung von Wasser, das zur Aufrechterhaltung der Hitzeminderung anderer BGI-Optionen eingesetzt wird. Aktive Bewässerung von Grünanlagen kann vor allem während Hitzewellen deutliche Lufttemperatursenkungen von 2 bis 4 °C ermöglichen. Das aktive Benetzen versiegelter Oberflächen kann bis zu 2 °C Kühlung bewirken und ist eine lang bewährte Sommertradition in verschiedenen Ländern, wie zum Beispiel Japan (das sog. «Uchimizu» [6]). Langfristige Massnahmen können durch strategische Stadtplanung getroffen werden. Durch eine Anpassung der urbanen Form und die Gestaltung der Strassenräume können advective Kaltluftströmungen aus der umliegenden Landschaft in die Stadt geführt werden. Ein aktuelles Beispiel ist ausführlich in der neulich veröffentlichten Hitzeminderungsstrategie der Stadt Zürich publiziert [7]. Solche «Ventilationskorridore» können aus breiten Strassenachsen oder auch aus gezielt platzierten offenen BGI-Flächen (Parks, Wasserflächen) bestehen. Diese Vernetzung blau-grüner Korridore hat auch positive Auswirkung auf das Naherholungsangebot und die räumliche Biodiversität. Siehe dazu auch das Beispiel einer Modellstudie zu Migrationskorridoren für Amphibien in der Box 1.

WIE WIRKSAM SIND BLAU-GRÜNE INFRASTRUKTUREN?

Grundsätzlich zeigt die Literatur, dass BGI eine beträchtliche Wirkung für die Hitzeminderung haben können. Deren dominante Kühlungsmechanismen sind vor allem Verdunstung und Reduktion der Wärmespeicherung in urbanen Oberflächen. Damit stehen vor allem die Begrünung und das Schaffen offener Wasserflächen im Zentrum. Allerdings ist insbesondere während heisser Trockenperioden die Kombination mit verfügbarem Wasser essenziell, zum Beispiel mittels gespeichertem Regenwasser oder durch eine aktive Bewässerung. Grossflächige BGI haben eine Ausstrahlung von mehreren Hundert Metern. Trotzdem können auch kleinere Anlagen einen positiven Mehrwert für das Hitze-management haben, z.B. die direkte Kühlwirkung von Gründächern auf das Innenklima der Gebäude. Dieser Mehrwert kann auch erhöht werden durch

die gezielte Vernetzung dieser kleineren Anlagen zu «Grünkorridoren». Die untersuchte Literatur zeigt aber auch klar,

dass Einheitslösungen nicht möglich sind und eine lokale Betrachtung in einer Gesamtplanung zwingend nötig ist. So bie-

MODELLIERUNG DER STÄDTISCHEN HITZE UND DES EFFEKTS BESTEHENDER BLAU-GRÜNER INFRASTRUKTUREN

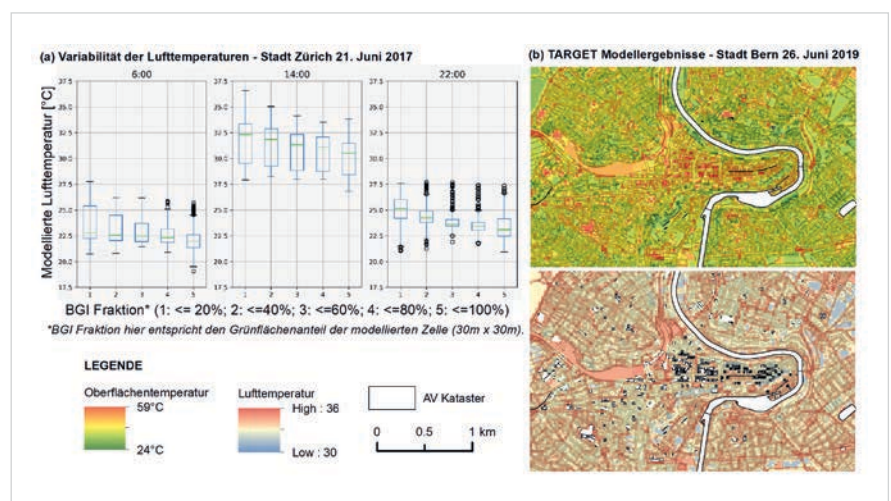
João P. Leitão, Eawag

Hitzewellen werden in der Zukunft häufiger und intensiver auftreten, was in Städten zu deutlich höheren Temperaturen, sogenannte Hitzeinseln, führen wird. Blau-grüne Infrastrukturen (BGI) werden eine wichtige Rolle spielen, um die Lebensqualität auch in diesen gesundheitlich relevanten Hitzeperioden zu erhalten. Mit mikroklimatischen Modellen lässt sich der Einfluss von BGI auf die zeitliche Temperaturdynamik in Siedlungen darstellen. Vor allem in der städtischen Planung können solche Modelle einen Einblick geben, wie sinnvoll gewisse Praxislösungen für den lokalen Kontext sind. Die Modellierung von BGI-Optionen in Städten für die Hitzeminderung ist noch jung und wird laufend entwickelt. Erste Ansätze aber weisen auf das hohe Potenzial für modellbasierte Ansätze hin, die Hitzeminderungsplanung zu unterstützen.

MODELL TARGET: UNTERSUCHUNG DES AKTUELLEN ZUSTANDS UND DES BGI-POTENZIALS

Modelltechnische Adaptierung und Anwendung machte es möglich, das Modell TARGET (*The Air-temperature Response to Green/blue-infrastructure Evaluation Tool*) [11] für mehrere Schweizer Städte anzuwenden. TARGET modelliert die räumliche Variabilität der Boden- und Lufttemperaturen aufgrund der Bodenbedeckung und urbanen Form (Gebäudegrössen, Strassenbreiten). Es ist ein rasterbasiertes, dynamisches, eindimensionales Energiebilanzmodell und berücksichtigt den Unterschied zwischen urbanen und natürlichen Bodenbedeckungen. Mit einer Auflösung von 30 × 30 m wurde TARGET für die Städte (a) Zürich [12], (b) Bern (s. unten) und auch Luzern aufgestellt und über eine drei- bis fünftägige Sommerperiode modelliert (Juni 2017).

Erste Resultate zeigen den erheblichen Effekt der bereits vorhandenen Grünflächen. Je mehr Grünfläche, desto niedriger die Umgebungstemperaturen: bis zu 2 °C für Parzellen mit kompletter Baumbedeckung im Vergleich mit hochversiegelten Quartieren. Ein Vergleich mit dem öffentlich verfügbaren Daten von vielen privaten Wetterstationen zeigte eine gute Übereinstimmung und gibt Vertrauen in die Ergebnisse der Modellierung. Diese Resultate werden in den nächsten Jahren durch ein Nationalfondsprojekt (<https://urbanbeatsmodel.com/research-projects/heat-down/>) verfeinert. Dabei soll auch eine engere Verbindung mit dem Wasserkreislauf hergestellt werden, um so die nachhaltige und klimaadaptive Stadtplanung mit einem quantitativen Modell unterstützen zu können.



Box 2

ten Bäume eine sehr effektive lokale Hitzeminderung, können aber auch die Wirkung von «Ventilationskorridoren» mindern. Ebenfalls weitgehend ignoriert wurde in den bisherigen Ausführungen die Multifunktionalität, die viele der insbesondere auch im Bereich der Siedlungsentwässerung diskutierten Anlagen aufweisen.

Hier zeigen sich auch die Grenzen des aktuellen Wissens. Die wissenschaftliche Literatur hat sich in der Vergangenheit vor allem mit der Wirkung einzelner Anlagen oder einzelner BGI-Typen auseinandergesetzt. Erst in den letzten Jahren werden Werkzeuge entwickelt, die es erlauben, die Hitzeminderung verschiedener Massnahmen im konkreten räumlichen Umfeld zu quantifizieren. Ein Beispiel zeigt Box 2.

AUSBLICK – WIE WEITER?

MODELLIERUNG

Um sich mit Unsicherheiten der zukünftigen Stadtplanung auseinandersetzen zu können, sind modelltechnische Ansätze zwingend. Numerische Modelle können die räumliche und zeitliche Dynamik sinnvoll für verschiedene plausible Zukunftsszenarien abbilden. Momentan sind viele der verfügbaren Modelle darauf fokussiert, wissenschaftliches Ver-

ständnis zu schaffen. Diese dienen aber als Grundlage, um in Zukunft die strategische Stadt- und Entwässerungsplanung zu unterstützen.

Angesichts der Tatsache, dass die für die Hitzeminderung wirksamen BGI knappen städtischen Boden beanspruchen, ist die Maximierung der lokalen Funktionalität einer Anlage essenziell. In der Tat sind BGI-Optionen für ihre Multifunktionalität anerkannt und haben nachweislich auch Einfluss auf Biodiversität, Lebensqualität, Luftqualität, Siedlungsentwässerung, stoffliche und quantitative Gewässerbelastung und Überschwemmungsrisiko. BGI-Optionen können lokal angepasst werden, sind skalierbar und können miteinander kombiniert werden. Entsprechend braucht es neue, robuste Ansätze, um integrale und gesamtheitliche Lösungen planen und implementieren zu können.

INTEGRATION IN DIE BESTEHENDE PLANUNG

Eine Herausforderung bei der praktischen Umsetzung der urbanen Hitzeminderungsstrategien in der Schweiz ist die Integration der Konzepte und Massnahmen in die bestehende Planung. Eine Übersicht der verschiedenen formellen und informellen Instrumente zur Förderung von BGI und der beteiligten privaten und öffentlichen Akteure ist in *Tabelle 2* dargestellt.

	Formelle Instrumente	Informelle Instrumente
Öffentliche Akteure	Bund – Raumplanungs-, Umweltschutzgesetz u. a. Verordnungen	– Strategie Klimaanpassung (koordiniertes Vorgehen) und Aktionsplan 2020–2025 (BAFU) – Förderprogramme: Pilotprogramm zur «Anpassung an den Klimawandel» (NCCS), Förderung von Klimaanpassung und Lebensraumaufwertung in Aargauer Gemeinden (ARE) – Arbeitshilfen, Wissensvermittlung s. [13]
	Kanton – Gesetze, Verordnungen – Kantonale Richtplanung (behördenverbindlich) z. B. Kt. Wallis: Klimaanpassung in städtischen Gebieten als übergeordneter Grundsatz; Kt. Bern: Klimagerechte Siedlungsstrukturen fördern u. a. ¹	– Klimaanalyse Kt. Basel-Stadt, Kt. Basel-Landschaft, Kt. Genf, Kt. Solothurn, Kt. Zürich u. a. – Klimaanpassungs-/ Hitzeminderungsstrategie Kt. Genf, Kt. Luzern, Kt. Aargau (Leitfaden Hitzeangepasste Siedlungsentwicklung) u. a. – Förderprogramme
	Region, Agglomerationen – Regionale Richtplanung (behördenverbindlich) z. B. Region Stadt Zürich: Stadtklima, Freiräume und Ökologie	– Agglomerationsprogramm z. B. Agglomeration Schaffhausen: Klimaanpassung
	Gemeinde, Stadt – Gemeindeordnung und Reglemente z. B. Baumschutzreglement Stadt Bern – Kommunale Richtplanung (behördenverbindlich) z. B. Kommunalen Richtplan Siedlung und Landschaft Stadt Schlieren – Bau- und Zonenordnung BZO (grundeigentümergebunden) z. B. Meilen: klimaangepasste Innenentwicklung, Thalwil: Vorgaben Gründächer u. a. ¹ – Sondernutzungsplanung – Generelle Entwässerungsplanung GEP (behördenverbindlich) z. B. Revision GEP als Massnahme der Klimastrategie des Kt. Schaffhausen	– Hitzeminderungs-, Klimaanpassungsstrategien z. B. Fachplanung Hitzeminderung Stadt Zürich [7], Winterthur: Rahmenplan Stadtklima, Sion: Acclimatisation ² – Städtebauliche Leitsätze für Wettbewerbe, Testplanungen Testplanung linkes Seeufer Stadt Luzern – Gestaltungs-, Quartierpläne z. B. Gestaltungsplan Thurgauerstrasse, Stadt Zürich – Baubewilligungsverfahren – Grün- und Freiraumkonzepte – Inventare (Arten, Lebensräume, Grünräume und Korridore etc.) – Anreizsysteme – Wissensvermittlung und Beratung von Privaten (Checklisten, Merkblätter) z. B. Stadt Zürich: Checkliste Dachbegrünung, Merkblatt Dach- und Fassadenbegrünung, Gemeinde Küsnacht
Private Akteure	Verbände, Vereine – Normen und Reglemente z. B. Hochbau: SIA 312:2013 «Begrünung von Dächern» u. a.; Strassenbau: VSS-40361 «Strassenentwässerung Behandlungsanlagen» u. a.; Liegenschaftsentwässerung: VSA SN 592 000 «Anlagen für die Liegenschaftsentwässerung» u. a.	– Richtlinien und Empfehlungen – Positionspapiere z. B. SIA-Positionspapier «Klimaschutz, Klimaanpassung und Energie» ³ – Weiterbildungsangebot – Beratung von Gemeinden und Privaten
	Fachplaner – Umweltverträglichkeitsprüfung UVP (Berücksichtigung erst möglich, wenn gesetzliche Grundlagen existieren)	– Beratung von Gemeinden und Grundstückseigentümern – Prüfung von Bauvorhaben – Empfehlungen im Rahmen des GEP
	Grundstück-eigentümer	– Umsetzung auf privatem Grundstück (Gebäudebegrünung, Regenwassernutzung, Entsiegelung etc.)

¹ klimaanpassung-datenbank.rzu.ch/325; ² https://www.sion.ch/acclimatisation; ³ www.sia.ch/fileadmin/Positionspapier_Energie_dt_FINAL.pdf

Tab. 2 Formelle und informelle Instrumente zur Integration von Hitzeminderungsstrategien in die bestehende Planung in der Schweiz (angepasst nach dem BAFU-Bericht «Hitze in den Städten» [13]).

Die Verankerung der urbanen Hitze-minderungsstrategien in den Gesetzen, Verordnungen und Normen sowie in der Richt- und Nutzungsplanung ist zentral für eine systematische Realisierung blau-grüner Infrastrukturen als zentrales Element der Klimawandel-Adaptationsstrategie von Städten.

Allerdings stellen gesetzliche Aufträge, breit abgestützte Förderprogramme und übergeordnete Strategien in der Schweiz noch eine Seltenheit dar [13]. Gewisse Kantone, Regionen, Agglomerationen und Gemeinden agieren als Vorreiter, indem sie die Klimaanpassungs- und Hitzeminderungsstrategien in ihren Planungsgrundlagen verankern.

Für die Siedlungsentwässerung ist die explizite Berücksichtigung von BGI absolut zentral. Auf der einen Seite hat die Branche viel Erfahrung, wie kleine BGI technisch solide gebaut und erfolgreich betrieben werden können. Auf der anderen Seite wird man ohne die integrale Berücksichtigung von BGI den zukünftigen Anforderungen an die Siedlungsentwässerung kaum mehr gerecht. Die geforderte Innenverdichtung und die zunehmenden Starkregen führen zu Herausforderungen, denen nur mit der Kombination von Massnahmen im Untergrund und auf der Oberfläche begegnet werden kann. Auch die zukünftigen Massnahmen zur Reduktion regenbedingter Überschwemmungsschäden werden auf die BGI-Freiflächen angewiesen sein. Die Branche darf es

nicht verpassen, mit ihrer Fach- und Planungskompetenz eine zentrale Rolle in der Gestaltung der BGI-Zukunft unserer Städte einzunehmen.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Hörler, A.; Rhein, H.R. (1962): Die Intensitäten der Starkregen in der Schweiz. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie. 24(2): p. 291–352
- [2] CH2018 (2018): CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report. Vol. ISBN: 978-3-9525031-4-0. Bern: National Centre for Climate Services
- [3] BAFU (Hrsg.) (2019): Hitze und Trockenheit im Sommer 2018. Auswirkung auf Mensch und Umwelt. Bundesamt für Umwelt. Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1909: 91 S.
- [4] Probst, N. et al. (under review): A critical review of Blue Green Systems for cooler cities: Do they work? submitted to Landscape and Urban Planning
- [5] European Commission (2013): Green Infrastructure (GI) – Enhancing Europe's Natural Capital. European Commission: Brussels
- [6] Solcero, A. et al. (2018): Uchimizu: a cool (ing) tradition to locally decrease air temperature. Water. 10(6): p. 741
- [7] Stadt Zürich (Hrsg.) (2020): Fachplanung Hitzeminderung. Zürich. <https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/gsz/planung-und-bau/fachplanung-hitzeminderung.html>
- [8] Foley, J.A. et al. (2005): Global consequences of land use. Science. 309(5734): p. 570–574
- [9] Filazzola, A. et al. (2019): The contribution of constructed green infrastructure to urban biodiversity: A synthesis and meta-analysis. Journal of Applied Ecology. 56(9): p. 2131–2143

- [10] Hamer, A.J.; McDonnell, M.J. (2008): Amphibian ecology and conservation in the urbanising world: a review. Biological conservation. 141(10): p. 2432–2449
- [11] Broadbent, A.M. et al. (2019): The Air-temperature Response to Green/blue-infrastructure Evaluation Tool (TARGET v1. 0): an efficient and user-friendly model of city cooling. Geoscientific Model Development. 12(2): p. 785–803
- [12] Chen, J. (2021): Planning-support Systems for Urban Microclimate Improvement. Masterarbeit. ETH Zürich: Zürich
- [13] BAFU (Hrsg.) (2018): Hitze in Städten: Grundlage für eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung. Bundesamt für Umwelt. Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1812: 108 S.

> SUITE DU RÉSUMÉ

dans la littérature spécialisée et permettent d'évaluer l'impact des différents types d'infrastructures vertes et bleues et de leur combinaison sur l'évolution locale des températures. La prise en compte explicite des IVB est absolument fondamentale pour l'évacuation des eaux urbaines. Ce domaine de l'ingénierie ne doit pas rater l'occasion de tirer profit de ses compétences techniques et en planification pour jouer un rôle central dans l'avenir des IVB de nos villes.

AQUA
SUISSE

**SCHWEIZER FACHMESSE FÜR
WASSER, ABWASSER UND GAS**
17. – 18. November 2021 - Messe Zürich

Mit Coronaschutzkonzept sicher besuchen!
*Registrieren Sie sich jetzt kostenlos:
www.aqua-suisse-zuerich.ch

EINLADUNGS-
CODE*
2402



The Safest Place To Meet

by EASYFAIRS

PREMIUM PARTNER 2021

Hinni
Infra Services

hawle



HAGENBUCHER

PARALLEL VERANSTALTUNGEN:

**PUMPS
& VALVES**

maintenance