

Handlungsempfehlungen für ein gesundes und klimaresilientes Wohnen in Österreichischen Städten

Die Handlungsempfehlungen wurde im Zuge des Forschungsprojektes „*New Options for Resilient Measures for human health and well-being in the construction industry under climate change in Austria*“ (NORM) erstellt und vom Klima- und Energiefonds gefördert.

Beteiligte Personen und Institute:

DI Mag. Lukas Clementschitsch (Projektleitung)

DI Dr. Thomas Belazzi

bauXund forschung und beratung gmbh
Tech Gate Vienna, Donau-City-Straße 1
A-1220 Wien

DI Dr. Bernhard Scharf

Andreas Berger, BSc

Martha Kogler MSc

Green4Cities GmbH
Plenergasse 1 Top 5
A-1180 Wien

DI Dr. Renate Hammer

DI Dr. Peter Holzer

Andreas Türk MSc

Institute of Building Research & Innovation ZT-GmbH
Wipplingerstraße 23/3,
A-1010 Wien

Mag. Dr. Assoc.-Prof. Herbert Formayer

DI Barbara König

Universität für Bodenkultur Wien
Institut für Meteorologie und Klimatologie
Gregor-Mendel-Straße 33,
A-1180 Wien

Assoz.-Prof.in Priv.-Doz.in DDr. Daniela Haluza

Mag. Dr. Sophie Schaffernicht MSc

Medizinische Universität Wien
Zentrum für Public Health
Abteilung für Umwelthygiene und Umweltmedizin
Kinderspitalgasse 15
A-1090 Wien

Wien, Dezember 2022

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	4
2	AKTIVITÄTSFELDER UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	6
2.1	Aktivitätsfeld Außenraum	6
2.1.1	Allgemeine Beschreibung	6
2.1.2	Handlungsempfehlungen für das Aktivitätsfeld Außenraum	6
2.1.2.1	Reduktion der Wärmespeicherung.....	6
2.1.2.2	Zukünftig realen bzw. prospektiven Klimadatensätzen nutzen	8
2.1.2.3	Für ausreichenden qualitativollen Schatten sorgen	8
2.1.2.4	Den Versiegelungsgrad minimieren.....	9
2.1.2.5	Reduktion des CO ₂ -Fußabdrucks bei der Errichtung von Außenraumanlagen	10
2.1.2.6	Urbane Wasserbilanz verbessern	10
2.1.2.7	Urbaner Luftaustausch sicherstellen und erhöhen.....	12
2.1.2.8	Kohlendioxidemissionen vermeiden	12
2.1.2.9	Bodenschutz verbessern.....	13
2.1.2.10	Biodiversität erhalten und steigern	15
2.2	Aktivitätsfeld Innenraum	17
2.2.1	Allgemeine Beschreibung	17
2.2.2	Handlungsempfehlungen für das Aktivitätsfeld Innenraum	17
2.2.2.1	Einsatz eines außenliegenden Sonnenschutzes.....	17
2.2.2.2	Thermische Sanierung von Bestandsgebäuden	17
2.2.2.3	Aktive Kühlung bei Home-Office- oder Büro-Nutzung.....	18
2.2.2.4	Öffentliche, gekühlte und barrierefreie Räume (“Cool Spots”) in Gebäuden.....	19
2.2.2.5	Erhöhter Forschungsbedarf bei der Modellbildung von Außenraumbegrünungen und Quantifizierung deren Wirksamkeit auf das Innenraumklima	20
2.3	Aktivitätsfeld Bauökologie	21
2.3.1	Allgemeine Beschreibung	21
2.3.2	Handlungsempfehlungen für das Aktivitätsfeld Bauökologie	21
2.3.2.1	Einsatz von emissionsarmen Baustoffen	21
2.3.2.2	Hygienischen Luftwechsel zur Minimierung der Schadstoffkonzentration in Innenräumen sicherstellen	22
2.3.2.3	Schad- und Störstofferkundung sowie eine Rückbaubegleitung durch fachkundige Person bei Sanierung sicherstellen	23
2.3.2.4	Erhöhter Forschungsbedarf über die Auswirkungen des Klimawandels auf das Emissionsverhalten und Funktionalität von Baustoffen.....	25
3	LITERATUR	27

1 Einleitung

Es ist die bebaute Umwelt, in der die Menschen, die meiste Zeit ihres Lebens verbringen und dem Klima ausgesetzt sind und vor ihm geschützt werden. Es ist wiederum die bebaute Umwelt, in der der größte Teil des Energieverbrauchs stattfindet oder bereitgestellt wird. Die Art und Weise, wie wir unsere gebaute Umwelt gestalten und nutzen, hat nicht nur einen großen Einfluss auf unsere gegenwärtige Gesundheit und unser Wohlbefinden, sondern auch auf unsere zukünftigen Lebensbedingungen, da sie entweder ein wichtiger Treiber oder ein starkes Hindernis für die Abschwächung des Klimawandels und die Anpassung darstellt. Aufgrund der langen Nutzungsdauer von Immobilien und Sanierungszyklen von mindestens 30 Jahren wirken sich entsprechende Investitionen sehr langfristig auf die Klimaresilienz städtischer Gebiete aus und erfordern daher eine genauere Betrachtung.

Zu den bereits beobachtbaren Auswirkungen des Klimawandels in städtischen Gebieten gehören längere, intensivere und häufigere Hitzewellen (Filho et al., 2021). Forschung zum städtischen Wärmeinseleffekt - einem mikroklimatischen Phänomen, das in Städten mehr Hitzestress verursacht als in ländlichen Gebieten (Oke, 1982; Depietri et al., 2011) - hat bereits gezeigt, dass es Zusammenhänge zwischen diesem Effekt und höheren Temperaturen und Hitzewellen gibt (Filho et al., 2018; Li et al., 2013; Founda et al., 2012; Zhao et al., 2018; Rogers et al., 2019). Dies hat besonders starke negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit (Venter et al. 2020) und zwar weltweit (Watts et al., 2019). Der Einfluss von Hitze und Feuchtigkeit führt zu einem Anstieg von Herz-Kreislauf-Erkrankungen, aber auch andere Erkrankungen werden häufiger (Mesquita et al., 2022). Studien haben bestätigt, dass dieser Effekt ebenso die Sterblichkeit erhöht (Laaidi et al., 2012; Gabriel et al., 2011). Hitzestress, thermische Erschöpfung, Hitzschlag und kardiovaskuläre Erkrankungen tragen alle zu dieser Entwicklung bei (Kleerekoper et al., 2012). Anthropogene Stressoren - wie die zunehmende Bodenversiegelung und die Verwendung von wärmeabsorbierenden Oberflächen - tragen erheblich zu diesen Problemen bei (Filho et al., 2021). Bisher haben Wissenschaftler:innen bestätigt, dass der Effekt in über 400 Städten auftritt (Santamouris, 2015; Santamouris, 2016). Auf lokaler Ebene kann der städtische Wärmeinseleffekt folgende Folgen haben: Zunahme des thermischen Unbehagens, höherer Energiebedarf aufgrund eines erhöhten Kühlbedarfs, Gesundheitsprobleme wie Hitzeschläge, schlechtere Luftqualität und erhöhte Anfälligkeit (Filho et al., 2017).

Wissenschaftler:innen haben gezeigt, dass ein dringender Handlungsbedarf besteht und dass die wirksamste Strategie gegen den städtischen Wärmeinseleffekt darin besteht, städtische Grün- und Wasserflächen zu vergrößern oder bereits vorhandene grüne und blaue Infrastruktur im privaten und öffentlichen Bereich weiter auszubauen (Lehmann, 2014; Lin et al., 2016; Livesley et al., 2016; Norton et al., 2015; Antoszewski et al., 2020). Natürliche und naturnahe Landschaftselemente - wie Parks, Felder, Sportanlagen, Gärten, Bäume, grüne Fassaden, Teiche oder Weiher - werden als grüne und blaue Infrastruktur bezeichnet (Capari et al., 2022; Lehmann, 2014; Menon et al., 2010; Shou et al., 2012; Xiao et al., 2015; Lee et al., 2011). Capari et al. (2022) analysieren die Bedeutung, die grüne und blaue Infrastruktur im Kampf gegen die negativen Auswirkungen des städtischen Wärmeinseleffekts haben kann. Neben technischen Maßnahmen gewinnen in diesem Zusammenhang naturbasierte Interventionen an Bedeutung, da sie das Potenzial haben, zur Gesundheitsförderung und zum Wohlbefinden der Stadtbevölkerung beizutragen. Grüne und blaue Infrastrukturen haben den Vorteil, dass sie gleichzeitig

zur Anpassung an den Klimawandel und zu dessen Eindämmung beitragen können (Capari et al., 2022). Die städtische Vegetation kann beispielsweise als Filter gegen Luftverschmutzung dienen und so die körperliche Gesundheit fördern. Gleichzeitig hat dies in der Regel auch positive Auswirkungen auf die menschliche Psyche (Andreucci et al. 2019 in Capari et al., 2022).

Aufgrund ihrer Schlüsselrolle für das menschliche Leben gibt es für die bebaute Umwelt eine Vielzahl von Vorschriften, Gesetzen und Normen. Viele dieser Vorschriften stammen jedoch aus den sechziger und siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts, sind nur unzureichend auf die neue Klimasituation vorbereitet. Die angeführten Handlungsempfehlungen in den Aktivitätsfeldern Außenraum, Innenraum und Bauökologie sollen helfen ein gesundes und klimaresilientes Wohnen in Österreichs Städten auch in Zukunft sicherzustellen.

2 Aktivitätsfelder und Handlungsempfehlungen

2.1 Aktivitätsfeld Außenraum

2.1.1 Allgemeine Beschreibung

Zur „Bekämpfung“ des Klimawandels sowie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels können unterschiedliche Lösungswege verfolgt werden. Einige hiervon sind:

- Grüne und Blaue Infrastrukturen fördern, da diese zu einer Hitzereduktion beitragen
- CO₂-Reduktion beim Bauen durch intelligentes Baustellenmanagement, kurze Transportwege, Kreislaufwirtschaft, Urban Mining, Baustoffaufbereitung auf der Baustelle usw.
- Biodiversitätssteigerung, Erhöhung genetischer Vielfalt, Erhöhung der Resilienz der Vegetation
- Mikroklima bei der Planung mitbedenken, gutes Mikroklima erhalten und verbessern
- Regenwassermanagement und Schwammstadt als Standard etablieren
- Schutz der wertvollen Ressourcen Wasser, Boden und Atemluft

Diese Lösungswege werden in weiterer Folge anhand von 10 Handlungsempfehlungen beschrieben.

2.1.2 Handlungsempfehlungen für das Aktivitätsfeld Außenraum

2.1.2.1 Reduktion der Wärmespeicherung

Beschreibung

Bei Neubauten und Revitalisierungen, sowohl im öffentlichen als auch im privaten Bereich, soll die Wärmespeicherung von Materialien berücksichtigt werden.

Gesundheit

Durch die Reduktion der Wärmespeicherung wird die nächtliche Abkühlung gefördert. Tropennächte verhindern, dass sich der menschliche Organismus während Hitzewellen erholen kann. Der urbane Hitzeinsel-Effekt wird effektiv reduziert.

Die vorgeschlagenen Maßnahmen sind aus medizinischer Perspektive relevant, da die Bauweise von Gebäuden Mikroklima und thermischen Komfort in einer Region beeinflusst, insbesondere Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit (Magiotta et al. 2014 in Zhang et al. 2022, 2).

Bezug zum Klimawandel

Das Risiko einer Überhitzung des Stadtraums ist durch die fortschreitende Klimaerwärmung deutlich erhöht.

Bezug zu anderen Aktivitätsfeldern

Die Innenraumtemperatur wird durch die Maßnahme positiv beeinflusst.

Normative Bedeutung

Bauordnungen, OIB-Richtlinien, Normen, Raumplanungsgesetze, Raumbücher

Handlungstragende und empfohlene nächste Schritte

Bauherr:innen, Planungsunternehmen, Gesetzgeber:innen, Kommunen;
Albedo (Rückstrahlvermögen): Die Reflexion der direkten Strahlung ist eine Schlüsselkomponente der städtischen Energiebilanz. Daher sollten Dachflächen, die nicht begrünt oder für Energieerzeugung genutzt werden können,

wie z. B. Dächer von Lagerhallen (zu Geringe Tragfähigkeit für PV oder Begrünung) Materialien mit einer Albedo von 0,5 oder höher zum Einsatz kommen. Flächen, die für Stadtbewohnerinnen sichtbar sind, sollen eine Albedo von 0,4 nicht überschreiten, um negative Auswirkungen auf die Augen zu vermeiden (Blendwirkung).

Verringerung der Wärmespeichermassen: Die Fassaden sind zu isolieren, um die Wärmespeicherkapazität zu verringern. Freiflächen und Straßen sind mit durchlässigen Oberflächen zu versehen (soweit dies technisch möglich ist) da sich diese Flächen weniger aufheizen. Bereits schmale Rasenfugen können einen Effekt haben. Die Beschattung von Wärmespeichermassen kann die Aufheizung verringern. Pflanzen eignen sich gut zur Beschattung.

Verbot der Wärmeemission über das Projektgebiet hinaus: Bauprojekte dürfen keine zusätzliche Wärme an die benachbarte Siedlung abgeben. Die Wärmebelastung des emittierten Luftkörpers muss bewertet werden, z.B. mit dem Thermal Load Score.

Die Aspekte der städtischen Energiebilanz soll in eine Norm für klimaresiliente Stadtplanung und Architektur aufgenommen werden. Instrumente der Raumplanung, Stadtentwicklung und Stadtentwicklungspläne könnten ebenfalls dazu dienen, zukunftssichere und klimaresiliente Stadtlandschaften zu schaffen.

Hochtemperaturprozesse wie etwa im motorisierten Individualverkehr sollen vermeiden werden.

Ein Verschlechterungsverbot des thermischen Komforts im Außenraum soll umgesetzt werden.

Mindestens 10 % vom Außenraum sollen zwischen 15 und 16 Uhr in der bestmöglichen thermischen Komfortklasse erfüllen.

Bauprojekte dürfen die Umgebung nicht weiter aufheizen und keine Hitze an die Nachbargebäude abgeben.

Das „0°-Dach“ mit Möglichkeit zur Wasserspeicherung und als zusätzliche Verdunstungsflächen soll in Österreich erlaubt werden.

Kaltluftschneisen sollen erhalten bleiben und wenn möglich geschaffen oder verbessert werden

Auf gute Durchlüftung achten – Je nach Projektgebiet und lokalen Bedingungen sollen z.B. nur 10 % der Fläche absolut windgeschützt sein. Gleichzeitig sollen Düseneffekte vermieden werden.

2.1.2.2 Zukünftig realen bzw. prospektiven Klimadatensätzen nutzen

Beschreibung	Zukünftig realen bzw. prospektiven Klimadatensätzen nutzen: Aktuell werden in den österreichischen Normen vergangene Klimaperioden zur Bemessung von Heiz- und Kühlenergiebedarf sowie anderen klimarelevanten Parametern herangezogen. Durch den fortschreitenden Klimawandel sind diese Parameter nicht mehr zeitgemäß.
Gesundheit	Höhere Gebäudestandards werden gefördert, klimawandelgerechte Freiraumplanung wird umgesetzt
Bezug zum Klimawandel	Das Risiko einer Überhitzung des Stadtraums ist durch die fortschreitende Klimaerwärmung deutlich erhöht.
Bezug zu anderen Aktivitätsfeldern	Die Innenraumtemperatur wird durch die Maßnahme positiv beeinflusst.
Normative Bedeutung	Bauordnungen, OIB-Richtlinien, Normen
Handlungstragende und empfohlene nächste Schritte	Gesetzgeber:innen Zukünftig sollen jedenfalls <u>aktuelle, reale Klimadaten</u> sowie zu erwartende Klimadatensätze zur Bemessung herangezogen werden.

2.1.2.3 Für ausreichenden qualitativollen Schatten sorgen

Beschreibung	Die Beschattung von Außenflächen mit geeigneten Materialien und Pflanzen stellt eine effiziente und nachhaltige Möglichkeit dar, die Aufenthaltsqualität im Freiraum langfristig zu erhalten und zu erhöhen. Besonders Pflanzenschatten hat hier besondere Vorteile, da die Beschattung jahreszeitlich angepasst erfolgt. Im heißen, sonnigen Sommer schützt das Blätterdach sommergrüner Pflanzen optimal vor Strahlung, im Winter kann das wertvolle Sonnenlicht durch die Blattlosen Pflanzen hindurchscheinen.
Gesundheit	Klimawandelgerechte Freiraumplanung wird umgesetzt, Aufenthalt im Schatten ist vor allem für vulnerable Gruppen im Sommer sehr wichtig.
Bezug zum Klimawandel	Klimawandelanpassungsmaßnahme
Bezug zu anderen Aktivitätsfeldern	Die Innenraumtemperatur wird durch die Maßnahme positiv beeinflusst.
Normative Bedeutung	Bauordnungen, OIB-Richtlinien, Normen der Freiraumplanung

Handlungstragende
und empfohlene
nächste Schritte

Bauherr:innen, Planungsunternehmen, Gesetzgeber:innen, Kommunen;
Aufenthaltsbereiche sollen zukünftig zu mindestens 20 % beschattet sein.
Der Baumbestand soll lebenszyklisch und klimawandelangepasst betrachten und in Abstimmung mit dem Albedokzept und der Durchlüftbarkeit maximiert werden. Die Baumarten sollen Standortgerecht und klimawandelgerecht sein. Auch das Pflanzkonzept soll klimawandelfit sein (z.B. Schwammstadtkonzepte). Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass die Baumkronen die Durchlüftung nicht behindern.

Gezielte Umsetzung von „Cool-Spots“, also kühlen, barrierefreien Flächen mit hoher Aufenthaltsqualität in maximal 5 Minuten Gehdistanz. Diese sollen Jedenfalls über Sitzmöglichkeiten, Vegetation und Beschattung verfügen.
Pflanzenverträgliche, vollständig abbaubare Streuung für den Winterdienst als Vegetationsschutzmaßnahme

2.1.2.4 Den Versiegelungsgrad minimieren

Beschreibung

Versiegelung führt zu unterschiedlichen Problemen und sollte bei einer klimawandelgerechten Stadt vermieden werden. Anorganische Flächen heizen sich stärker auf als Vegetationsflächen. Der natürliche Austausch zwischen Boden und Atmosphäre wird verhindert. Wasser kann nicht in den Boden eindringen Verdunstungskühlung wird unterbunden.

Gesundheit

Klimawandelgerechte Freiraumplanung wird umgesetzt, urbane Hitze wird reduziert, Hitzebelastung wird gemindert.

Bezug zum
Klimawandel

Klimawandelanpassungsmaßnahme (Hitzereduktion, Anpassung an Starkregen und Trockenperioden).

Bezug zu anderen
Aktivitätsfeldern

Die Innenraumtemperatur wird durch die Maßnahme positiv beeinflusst.

Normative
Bedeutung

Bauordnungen, OIB-Richtlinien, Normen der Freiraumplanung

Handlungstragende
und empfohlene
nächste Schritte

Bauherr:innen, Planungsunternehmen, Gesetzgeber:innen, Kommunen;
Wassermanagement betreiben und Wasser (Reinwasser, Niederschlag, Grauwasser) am Grundstück halten.
Versiegelung auf ein funktionales Minimum reduzieren.

2.1.2.5 Reduktion des CO₂-Fußabdrucks bei der Errichtung von Außenraumanlagen

Beschreibung	Aktuell gibt es nur sehr wenig Daten zum CO ₂ -Fußabdruck von Landschaftsbaulementen.
Gesundheit	Reduktion von Feinstaub und Lärm
Bezug zum Klimawandel	Klimawandelanpassungsmaßnahme (Hitzereduktion, Anpassung an Starkregen und Trockenperioden).
Bezug zu anderen Aktivitätsfeldern	Die Innenraumtemperatur wird durch die Maßnahme positiv beeinflusst.
Normative Bedeutung	Bauordnungen, OIB-Richtlinien, Normen der Freiraumplanung, Raumordnungsgesetze
Handlungstragende und empfohlene nächste Schritte	Bauherr:innen, Planungsunternehmen, Gesetzgeber:innen, Kommunen; Verfügbarkeit von Daten die <u>CO₂-Bilanz bei Ausschreibungen als Entscheidungskriterium</u> herangezogen werden sicherstellen. Umsetzung „ <u>Circular Soil</u> “ (Keine Deponierung, sondern Bodenaustausch zwischen en Baufeldern) und von Urban Mining Konzepten.

2.1.2.6 Urbane Wasserbilanz verbessern

Beschreibung	<p>Der städtische Wasserhaushalt ist ein entscheidender Faktor, um die Folgen des Klimawandels zu bewältigen. Wasser ist zweifellos DAS Kühlmittel für die Stadt. Heute ist der Wasserhaushalt in Städten stark gestört, Regenwasser wird über die Kanalisationen abgeleitet, hierdurch geht dieser wertvolle Stoff verloren, das Risiko von Überflutungen steigt. In Natürlichen Gebieten wie Auen und Wäldern wird das Wasser lokal gespeichert, kann verdunsten oder langsam abfließen. Das Prinzip der Schwammstadt verfolgt genau diesen Ansatz und versucht dem natürlichen Wasserhaushalt möglichst nahe zu kommen.</p> <p>Starkregenereignisse führen immer häufiger zu Problemen, gleichzeitig führen lange Trockenperioden zu massiven Schäden an der Vegetation. Eine Bewässerung hochwertiger Vegetationsflächen ist daher heute Standard, dabei wird wertvolles Trinkwasser verbraucht.</p> <p>Durch die Speicherung des Wassers in unterschiedlichen Retentionsanlagen (Retentionsteichen, Zisternen, Substratkörpern, etc.) kann das Wasser als Brauchwasser verfügbar gemacht werden. Die Kanalisation wird entlastet.</p>
Gesundheit	Vermeidung von Schimmel, Reduktion der urbanen Hitze; Aus medizinischer Sicht ist die Gefahr von Überschwemmungen zu reduzieren. Die Hauptauswirkungen nach Überschwemmungen liegen im Bereich der psychischen Gesundheit und können zu posttraumatische Belastungs-, Angststörungen und

Bezug zum Klimawandel

Depressionen führen, wobei ein direkter Zusammenhang zwischen der Intensität der Katastrophe und dem Ausmaß der Auswirkungen auf die psychische Gesundheit festgestellt werden kann (Munro et al. 2017). Regenwassersensible Städte leisten einen enormen Beitrag zur Vermeidung von Überschwemmungen und Hochwasserschäden.

Bezug zu anderen Aktivitätsfeldern

Klimawandelanpassungsmaßnahme (Hitzereduktion, Anpassung an Starkregen und Trockenperioden).

Normative Bedeutung

Die Innenraumtemperatur wird durch die Maßnahme positiv beeinflusst, Vermeidung von Gebäudeschäden.

Handlungstragende und empfohlene nächste Schritte

Bauordnungen, OIB-Richtlinien, Normen, Raumordnungsgesetze

Bauherr:innen, Planungsunternehmen, Gesetzgeber:innen, Kommunen;
Das Regenwasser muss dort gehalten werden, wo es fällt, um Pflanzen zu versorgen und das Klima zu regulieren sowie Evapotranspiration zu ermöglichen. Das Regenwasser muss so gepuffert werden, dass die Gefahr von Überschwemmungen reduziert wird. Der Abfluss aus neuen städtischen Siedlungen und öffentlichen und privaten Bauprojekten soll auf 0,1 begrenzt werden. Der Abfluss von Revitalisierungsprojekten soll um mindestens 50 % gegenüber dem Ausgangswert verbessert werden.

Regenwasser und Grauwasser zur Versorgung der städtischen Vegetation:
 Durch die Zunahme der urbanen Hitze, langen Trockenperioden und anderen Wetterextremen wird der Druck auf die urbane Vegetation massiv erhöht. Aktuell werden städtische Grünflächen meistens mit Trinkwasser versorgt. Durch die Nutzung von Niederschlag können vor allem Bäume effizient mit Wasser versorgt werden. Auch die vermehrte Nutzung von Grauwasser sollte Beachtung finden und als Teil des urbanen Wasserhaushalts gesehen werden.

Bewusstseinsbildung für Regenwasserretention: Regenwasser wird derzeit meist so rasch wie möglich entsorgt, je schneller es „verschwunden“ ist, umso besser. Die Dynamik und Ästhetik des Regenwassers und des Wasserhaushalts können für die Menschen wahrnehmbar gemacht werden. Hierdurch wird das Thema sichtbarer. Regenwasser rückt in den Fokus. Beispiele sind Retentionsteich, Sickermulden und andere wechselfeuchte Bereiche.

Innovative, Nachhaltige Wassernutzung zum Standard machen: Die Aspekte des städtischen Wasserhaushalts könnten in einen neuen Standard für klimaresistente städtebauliche Gestaltung und Architektur oder in bestehende Normen und Gesetze aufgenommen werden. Regenwasser von privaten Flächen soll für die Bewässerung von öffentlichen Grünflächen (und umgekehrt) genutzt werden dürfen. Die Verwendung von Baustoffen mit Schadstoffen, die mit dem Regenwasser in Berührung kommen, ist streng begrenzt und verboten, da es zu Pflanzenschäden kommen kann. (z.B. Biozide in Putz oder Bitumenfolien)

Die Verwendung schädlicher Enteisungsmittel, wie z. B. auf NaCl-Basis, die Pflanzen schädigen und das Grundwasser verschmutzen, ist auf ein

Minimum zu reduzieren oder fallweise zu verbieten. Andere Enteisungsmittel, die vollständig biologisch abbaubar sind, sind zu bevorzugen.

Grün-Blaue Dächer: Die Speicherung von Regenwasser auf Dächern ist zu fördern, indem ein 0°-Dach zugelassen wird, wie es in Deutschland bereits Standard ist.

2.1.2.7 Urbaner Luftaustausch sicherstellen und erhöhen

<p>Beschreibung</p>	<p>Die städtische Atmosphäre steht in ständigem Austausch mit ihrer Umgebung. Normalerweise wird kühle und saubere Luft auf den Feldern und Wäldern rund um die Städte „erzeugt“. Daher ist es von entscheidender Bedeutung, dass der Luftaustausch einer Stadt mit dem Umland in Planungsprozessen mitgedacht wird.</p> <p>Hierbei ist es bei zukünftigen Planungsprojekten von besonderer Wichtigkeit eine weitere Verringerung des einströmenden Luftkörpers zu verhindern und eine bessere Belüftung und Kühlung zu ermöglichen.</p>
<p>Gesundheit</p>	<p>Reduktion von Feinstaub, Milderung der urbanen Hitze, Verbesserung der Luftqualität</p>
<p>Bezug zum Klimawandel</p>	<p>Klimawandelanpassungsmaßnahme (Hitzereduktion)</p>
<p>Bezug zu anderen Aktivitätsfeldern</p>	<p>Die Innenraumtemperatur wird durch die Maßnahme positiv beeinflusst.</p>
<p>Normative Bedeutung</p>	<p>Bauordnungen, Normen, Raumordnungsgesetze,</p>
<p>Handlungstragende und empfohlene nächste Schritte</p>	<p>Bauherr:innen, Planungsunternehmen, Gesetzgeber:innen, Kommunen; Verfügbarkeit von Daten die <u>CO2-Bilanz bei Ausschreibungen als Entscheidungskriterium</u> herangezogen werden sicherstellen.</p> <p>Umsetzung „Circular Soil“ (Keine Deponierung, sondern Bodenaustausch zwischen en Baufeldern) und von Urban Mining Konzepten.</p>

2.1.2.8 Kohlendioxidemissionen vermeiden

<p>Beschreibung</p>	<p>38 % der weltweiten CO2-Emissionen entfallen auf den Gebäudesektor. Die Emissionen hängen von vielen Faktoren wie dem Standort der Baustelle, dem Kraftstoff- und Stromverbrauch, den Transportkilometern, der Größe der Baumaschinen, der Baustellenlogistik oder den Baumethoden und verwendeten Materialien ab.</p> <p>Während Ökobilanzen für Gebäude den Aspekt der CO2-Emissionen einschließen, gibt es keine umfassenden Informationen oder Datenbanken für den Landschaftsbau.</p>
----------------------------	---

Gesundheit

Milderung der urbanen Hitze, Verbesserung der Luftqualität. Nach allgemeinem wissenschaftlichem Konsens ist eine drastische Reduktion der Treibhausgas-Emissionen in den nächsten zwei Jahrzehnten notwendig, um eine unumkehrbare Entwicklung zu verhindern, an deren Ende weite Teile der Erde nicht mehr bewohnbar sein könnten (Hoegh-Guldberg et al. 2018). Eine Einsparung von CO₂ im Bausektor kann als enormer Hebel gesehen werden.

Bezug zum Klimawandel

Klimawandelanpassungsmaßnahme

Bezug zu anderen Aktivitätsfeldern

Normative Bedeutung

Bauordnungen, Normen, Raumordnungsgesetze

Handlungstragende und empfohlene nächste Schritte

Bauherr:innen, Planungsunternehmen, Gesetzgeber:innen, Kommunen; Zukünftig soll der den CO₂-Fußabdruck eines Bauwerks soweit möglich reduzieren werden, auch die Freiräume und Bauwerk Begrünung sind in die Analysen einzubeziehen.

Der Einsatz von CO₂-intensiven Materialien oder Prozessen ist nach Möglichkeit zu verhindern.

Eine Förderung der regionalen Wirtschaft und Dienstleistungserbringung sichert kurze Wege. Ein gutes Baustoffmanagement (zum Beispiel das Management von Aushub, Substraten und Rezyklaten) ermöglicht einen effizienten Bauablauf mit geringen Lagerflächen und kurzen Fahrzeiten. Konkrete Handlungsfelder: Eine Datenbank zur Ökobilanz der Landschaftsgestaltung kann dabei helfen, den CO₂-Fußabdruck von Landschaftsbaumaterialien sowie grüner und blauer Infrastrukturen zu bewerten.

Die bestehenden Berechnungsinstrumente für Ökobilanzen sollen auf den Bereich der Landschaftsgestaltung ausgeweitet werden (Substratherstellung, Baumschulen, Transport, Entsorgung z.B. von Bodenaushub usw.) Der Ausschreibungsprozess muss die CO₂-Auswirkungen der Projekte und der zu verwendenden Materialien als Entscheidungsgrundlage für die endgültige Auftragsvergabe herangezogen werden. Die Verwendung von Materialien, die bei ihrer Herstellung, ihrem Transport und ihrer Wartung hohe CO₂-Emissionen verursachen ist auf ein Minimum zu reduzieren. Die Materialanbieter sollten zukünftig den CO₂-Fußabdruck ihrer Produkte angeben.

2.1.2.9 Bodenschutz verbessern

Beschreibung

Der Boden ist die Grundlage aller terrestrischen Lebewesen und der Nahrungsmittelproduktion. Gleichzeitig ist der Boden eine endliche Ressource! Hierbei ist es besonders wichtig, den verbleibenden, gesunden und

Gesundheit

fruchtbaren Boden zu schützen. Die Förderung eines natürlichen Luft-Wasser-Boden-Zusammenspiels ist sicherzustellen. Die Erhaltung des Bodens für künftige Generationen muss gewährleistet werden. Die Verhinderung von weiterem Verlust oder Verunreinigung von Boden ist essenziell für eine gute Bodenfunktion. Die Verhinderung von Massentransport und Ableitung von Boden soll umgesetzt werden. Wiederherstellung von verlorenen Bodenflächen bei Nichtnutzung ist zu fördern.

Bezug zum Klimawandel

Obwohl dem Thema „Boden“ in Städten weit weniger Aufmerksamkeit erlangt, als in ruralen und semi-ruralen Gebieten (Hazelton et al. 2006 in Li et al. 2018, 196), können Böden auch im urbanen Kontext direkte (beispielsweise durch Schadstoffe) und indirekte (beispielsweise durch den Nährstoffgehalt von Nahrungsmitteln) Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben (Oliver et al. in Li et al. 2018, 196) und sollten deswegen auf eine - aus medizinischer Sicht - angemessene Art und Weise in Forschung und Planung mitberücksichtigt werden.
Die Wiederverwertung von Boden Spart CO2 und reduziert aufgrund wegfallender Transportwege den Schadstoffausstoß und Lärm.

Bezug zu anderen Aktivitätsfeldern

CO2-Einsparung und Speicherung

Normative Bedeutung

Bauordnungen, OIB-Richtlinien, Normen der Freiraumplanung, Raumordnungsgesetze

Handlungstragende und empfohlene nächste Schritte

Bauherr:innen, Planungsunternehmen, Gesetzgeber:innen, Kommunen;
Schutz des Bodens: Wenn auf einer Baustelle nicht kontaminierter Boden vorhanden ist, muss er geschützt oder wiederverwertet werden. Daher müssen die Vorschriften für die Zwischenlagerung von Boden angepasst und ein Netzwerk und eine logistische Basis für den lokalen Bodenhandel geschaffen werden. Böden und Flächen sollen nur versiegelt werden dürfen, wenn ein begründeter Bedarf besteht.
Baugenehmigungen sollen untersagt werden können, wenn der Bodenabtrag oder die Versiegelung zu groß sind. Die Wiederverwendung von Bodenaushub und Abbruchmaterial auf Baustellen muss in den Lehrplan der Universitäten aufgenommen werden.
Anpassung der Abfallgesetzgebung: Die Anpassung der Abfallvorschriften über die Zwischenlagerung von Bodenaushub und Bauschutt sowie Abbruchmaterial und Rezyklaten müssen angepasst werden, um Urban Mining und Kreislaufwirtschaft zu ermöglichen. Das Aufbereiten von vorhandenen Böden (als Vegetationssubstrat, Baustoff, Dachsubstrat usw.) und die Kooperation von nahegelegenen Baufeldern bei der Abtragung und Verfüllung von Boden sollen gefördert und langfristig verpflichtend werden.

Die Ablagerung von Boden auf Deponien sollte auf ein Minimum beschränkt werden. Darüber hinaus sollten die Kosten für Deponierung erhöht werden, um die Wiederverwendung zu fördern.

2.1.2.10 Biodiversität erhalten und steigern

Beschreibung

Die biologische Vielfalt beruht auch auf der Vielfalt der Lebensräume. Städte können oft eine größere Vielfalt bieten als ihre umliegenden Landschaften, die oft intensiv landwirtschaftlich genutzt werden. Der Verlust von Biodiversität führt zu instabilen Ökosystemen, die kollabieren können. Aus diesem Grund ist die biologische Vielfalt für das Überleben der Menschheit von entscheidender Bedeutung. Der Schutz von bedrohten Lebensräumen und Arten ist sicherzustellen. Die Erhaltung des Naturkapitals für künftige Generationen ist essenziell, der weitere Verlusts der biologischen Vielfalt ist aufzuhalten. Die Erhöhung der biologischen Vielfalt und ein Beitrag zur Erhaltung gefährdeter Arten sind umzusetzen.

Gesundheit

Von Biodiversität gekennzeichnete Ökosysteme in Städten wirken sich positiv auf physische, psychische und soziale Gesundheit aus. Durch den heutzutage beobachtbaren Biodiversitätsverlust kann sich die Gesundheit und das Wohlbefinden für alle Menschen verschlechtern. Der Erhalt der urbanen biologischen Vielfalt kann als Strategie im Bereich des öffentlichen Gesundheitswesens betrachtet werden (Marselle et al. 2021). Biophiles Design strebt danach, eine positive Mensch-Umwelt-Beziehung zu fördern, indem eine nachhaltige Auseinandersetzung mit der Natur im Rahmen von Bauprojekten gefördert wird (Kellert et al. 2015 in Engineer et al. 2021, 6).

Bezug zum Klimawandel

Klimawandelbedingte Reduktion der Biodiversität muss reduziert werden.

Bezug zu anderen Aktivitätsfeldern

Normative Bedeutung

Bauordnungen, OIB-Richtlinien, Normen der Freiraumplanung, Raumordnungsgesetze, Naturschutzgesetzte

Handlungstragende und empfohlene nächste Schritte

Bauherr:innen, Planungsunternehmen, Gesetzgeber:innen, Kommunen, NGOs;
Verbesserungsgebot der biologischen Vielfalt: Die biologische Vielfalt soll bei Bauprojekten um 10 % erhöht werden. Indexe sowie Untersuchungen vor Ort können zur Bewertung der Ausgangssituation und Verbesserung genutzt werden. Neue städtische Entwicklungen müssen natürliche Räume bieten, (Brut- und Nistmöglichkeiten usw.), 100%ige Erhöhung des Shannon-Index für mindestens 10 lokale Pflanzen- und Tierarten. Lebensraumstrukturen,

einschließlich Nist-, Brut- und Nahrungsmöglichkeiten für bedrohte Arten sind bei jedem neuen Projekt zwingend vorzusehen.

Verbot von Schadstoffen: Die Verwendung von Bioziden ist generell zu verbieten

Lebensraumvernetzung: Bei Stadtentwicklungsprojekten mit einer Größe von mehr als 1 ha sind die Aspekte der Lebensraumvernetzung zu berücksichtigen und bei der Genehmigung durch die örtliche Verwaltung zu beachten.

2.2 Aktivitätsfeld Innenraum

2.2.1 Allgemeine Beschreibung

Das Aktivitätsfeld Innenraum beschreibt jene Maßnahmen, welche ein behagliches Raumklima auch unter sich ändernden klimatischen Bedingungen herbeiführen. Dabei handelt es sich hauptsächlich um technische Empfehlungen wie die Anwendung von Sonnenschutz- oder Kühlmaßnahmen.

2.2.2 Handlungsempfehlungen für das Aktivitätsfeld Innenraum

2.2.2.1 Einsatz eines außenliegenden Sonnenschutzes

Beschreibung

Durch Reduktion des solaren Wärmeeintrages über transparente Gebäudeflächen in den Innenraum nimmt der außeninduzierte Kühlbedarf stark ab. Sehr effektiv, aber auch kostenintensiv ist ein außenliegender nach Bestrahlungsintensität automatisch gesteuerter Sonnenschutz. Vor allem bei Wohnnutzung eignet sich der außenliegende Sonnenschutz, da in Zeiten der höchsten solaren Einstrahlung die Nutzer:innen, aufgrund von Erwerbstätigkeit, meist nicht anwesend sind und daher die Abdunkelung des Raumes nicht wahrnehmen.

Gesundheit

Eine Überhitzung des Innenraumes sowie eine kontinuierliche Innenraumtemperatur über 24 °C, führt, vor allem bei klimavulnerablen Personen, zu einem erhöhten thermophysiologischen Stress.

Bezug zum Klimawandel

Das Risiko einer Überhitzung von Innenräumen ist durch die fortschreitende Klimaerwärmung deutlich erhöht.

Bezug zu anderen Aktivitätsfeldern

Durch eine erhöhte Innenraumtemperatur und -feuchte steigt die erhöhte Flüchtigkeit von organischen Verbindungen der Bauprodukte, was zur Gefährdung der Gesundheit durch eine gesteigerte Raumbelastung führt. Zur Senkung der Innenraumtemperatur ist der Einsatz eines außenliegenden Sonnenschutzes daher ein probates Mittel.

Normative Bedeutung

Bauordnungen, OIB-Richtlinie

Handlungstragende und empfohlene nächste Schritte

Bauherr:in, Planungsunternehmen, Gesetzgeber
Verpflichtender Einsatz von außenliegendem Sonnenschutz bzw. Reduktion des Verglasungsanteils.

2.2.2.2 Thermische Sanierung von Bestandsgebäuden

Beschreibung

Eine thermische Sanierung in Form einer Dämmung der Außenwände, Dach, obersten und untersten Geschoßdecke sowie Austausch auf Wärmeschutzverglasungen inkl. außenliegenden Sonnenschutz, bietet einen wirksamen Schutz vor Klimawandel bedingten Temperaturanstiegen im Sommer. Bei un-sanieren Bestandsgebäuden führen, die in zukünftigen Klimaszenarien prognostizierten, erhöhten Außenraumtemperaturen zu dementsprechend

	<p>überhitzten Innenräumen. Bei dem Sanierungskonzept ist es wesentlich einen außenliegenden Sonnenschutz miteinzubeziehen, da es durch lediglich thermische Sanierungsmaßnahmen zu einer Verschlechterung des Innenraumkomforts führen kann.</p>
Gesundheit	<p>Eine thermische Sanierung bewirkt neben einer Reduktion des Energieverbrauches eine wesentliche Verbesserung des Innenraumkomforts. Ein verbessertes Innenraumklima im Sommer verringert die Wahrscheinlichkeit einer medizinischen Überhitzung bzw. reduziert thermophysiologischen Stress.</p>
Bezug zum Klimawandel	<p>Durch Fortschreiten des Klimawandels sind höhere Außenlufttemperaturen zu erwarten. Diese führen in Kombination mit thermisch weniger wirksamen Bauteilen zu einem erhöhten Risiko einer Überhitzung.</p>
Bezug zu anderen Aktivitätsfeldern	<p>Bei einer thermischen Sanierung besteht die Möglichkeit bauphysikalische Altlasten, wie etwas Asbest, PAKs, PCB-haltige Produkte etc., aus dem Gebäude sachgemäß rückzubauen.</p>
Normative Bedeutung	<p>OIB-Richtlinie, Bauordnungen</p>
Handlungstragende und empfohlene nächste Schritte	<p>Durch Fortschreiten des Klimawandels und die dadurch entstehenden erhöhten minimalen Temperaturen im Winter muss es gezielte Überlegungen zum Nutzen der Sanierungsmaßnahmen geben. Es besteht Forschungsbedarf inwiefern sich das Sanierungskonzept auf den Energieeinsatz im Winter und den Innenraumkomfort im Sommer auswirkt.</p>

2.2.2.3 Aktive Kühlung bei Home-Office- oder Büro-Nutzung

Beschreibung	<p>Aufgrund von veränderten Anwesenheitszeiten, erhöhten internen Lasten und Luftwechselraten in Home-Office und Büronutzung kann in zukünftigen Klimaszenarien laut Simulation eine Überhitzung des Raumes nicht verhindert werden. Es sind daher aktive Kühlmaßnahmen notwendig. Dabei bieten sich Kühlsysteme mit Strahlungsflächen durch thermische Aktivierung der Raumbooberfläche als ausreichend leistungsstarke und klimaneutral betreibbare Möglichkeit an.</p>
Gesundheit	<p>Entsprechend der Definition der empfundenen Temperatur, befindet sich der Mensch im Innenraum durch Wärmestrahlung im Austausch mit den ihn umgebenden Oberflächen. Die Temperierung mittels kühlen Strahlungsflächen wird als komfortabel empfunden, speziell bei einer Aktivierung der Raumdecke, weil diese evolutionär dem kalten Nachthimmel gleicht. Es wird angenommen, dass Räume mit moderat gekühlten Decken nicht als künstlich konditioniert wahrgenommen werden und dadurch adaptive Komfortmodelle angewandt werden können.</p>

Bezug zum Klimawandel	Als wichtige Einschränkung der Kühlung mit Strahlungsflächen, muss auch vor dem Hintergrund des Klimawandels die Kondensationsgefahr genannt werden. So ist es bauphysikalisch zwingend notwendig, dass die Temperatur der Raumbooberflächen deutlich über der Taupunkttemperatur der Raumluft bleibt.
Bezug zu anderen Aktivitätsfeldern	Aufgrund einer aktiven Kühlung kann das Raumklima vor einer Überhitzung geschützt werden, die Gefahr des Entweichens flüchtiger Schadstoffe in Baumaterialien wird dadurch reduziert.
Normative Bedeutung	Arbeitnehmer:innenschutzgesetz, Arbeitsstättenverordnung
Handlungstragende und empfohlene nächste Schritte	Bauträger:innen, Planungsunternehmen

2.2.2.4 Öffentliche, gekühlte und barrierefreie Räume ("Cool Spots") in Gebäuden

Beschreibung	In ausgeprägten städtischen Hitzeinseln wird auf Grund der breiten Betroffenheit empfohlen „cooling spots“ zur Verfügung zu stellen. Im Innenraum gilt es Bereiche anzubieten, in denen ein behagliches und aus thermophysiologischer Sicht erholendes Raumklima aufrechterhalten wird. Zumeist wird dazu technische Kühlung erforderlich sein, die stets klimaneutral erzeugt werden soll. Generell sind „cooling spots“ strategisch so zu situieren, dass sie zunehmend dichter in Bereichen mit erhöhtem Risiko der Überhitzung und starkem Personenaufkommen situiert sind. Auf eine ausreichende Dimensionierung und einen barrierefreien Zugang ist zu achten.
Gesundheit	Eine Dauerbelastung durch Innenraumtemperaturen nahe der Überhitzungsgrenze stellen für klimavulnerable Gruppen ein erhöhtes medizinisches Risiko dar.
Bezug zum Klimawandel	Die Ergebnisse der gegenständlichen Studie zeigen, dass in zukünftigen Hitzewellen ein erhöhtes medizinisches Risiko für alle Bewohner:innen und damit auch für Personen über die ausgewiesenen vulnerablen Gruppen hinaus besteht.
Bezug zu anderen Aktivitätsfeldern	Wie im Innenraum so wird auch im Außenraum empfohlen „cooling spots“ zur Verfügung zu stellen. Im Außenraum kann dies durch speziell begrünte und bewässerte Zonen, gegebenen Falls auch technisch unterstützt etwa durch regenerative Kaltluftventilation umgesetzt werden.
Normative Bedeutung	Bei der Planung sind die derzeit gültigen Normen und Gesetze anzuwenden.

Handlungstragende
und empfohlene
nächste Schritte

Bauherr:in, Gebäudeplaner:innen, Gesetzgeber:innen
Ausarbeitung von gesetzlichen und normativen Regeln von "cool spots" in
Innenräumen.

2.2.2.5 Erhöhter Forschungsbedarf bei der Modellbildung von Außenraumbegrünungen und Quantifizierung deren Wirksamkeit auf das Innenraumklima

Beschreibung

An der Schnittstelle von Innen- und Außenraumsimulation wurde im Zuge der gegenständlichen Untersuchung ein Übergabetool entwickelt, das geeignet scheint den Einfluss der Außenraumbegrünung, speziell von Fassadenbegrünungen, auf das Innenraumklima abzubilden. Weiterer Forschungsbedarf besteht in der Weiterentwicklung des Tools durch Überprüfung der Treffsicherheit des Übergabetools vor allem in Zusammenhang mit unterschiedlich ausgebildeten Fassadenbegrünungen.

Gesundheit

Um möglichst wirkungsvolle Maßnahmen für das Innenraumklima zu schaffen ist es notwendig den Einfluss dieser Methoden zu Quantifizieren und in Modellen abbilden zu können.

Bezug zum
Klimawandel

Außenraumbegrünungen stellen in der Klimawandelanpassung für urbane Strukturen ein wirksames Mittel dar.

Bezug zu anderen
Aktivitätsfeldern

Simulationen zur Quantifizierung von Außenraumbegrünungssysteme sind bereits vorhanden. In Kombination mit einer Innenraumsimulation konnten bereits erste Erkenntnisse zur Wirkung von Fassadenbegrünungen auf den Innenraum abgeleitet werden.

Normative
Bedeutung

Durch eine Quantifizierung der Einflüsse können Entscheidungen für Normen oder Bauordnungen getroffen werden.

Handlungstragende
und empfohlene
nächste Schritte

Förderagenturen, Forschungseinrichtungen, Softwareentwicklungsunternehmen

2.3 Aktivitätsfeld Bauökologie

2.3.1 Allgemeine Beschreibung

Das Aktivitätsfeld Bauökologie beschreibt jene Maßnahmen, welche zur eine guten Raumluftqualität auch unter sich ändernden klimatischen Verhältnissen führen. Diese reichen vom Einsatz emissionsarmer Baustoffe über die Sicherstellung eines hygienischen Luftwechsels bis hin zur Schad- und Störstofferkundung für Umbauarbeiten und Sanierungen. Insbesondere Bestandsgebäude und die darin lebenden Personen werden durch die aus Klimaschutzgründen dringend zu erhöhende Sanierungsrate und die verbauten Altlasten im Bestand betroffen sein. Allgemein sind nur wenige wissenschaftliche Grundlagen über die Auswirkungen des Klimawandels auf das Emissionsverhalten und Funktionalität von Bauprodukten vorhanden. Es gibt Hinweise, dass in Gebäude verbaute historische Schadstoffe, insbesondere Polychlorierte Biphenyle (PCB) und Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), durch erhöhte Bauteiltemperaturen aufgrund höherer Außentemperaturen verstärkt in den Innenraum emittiert werden und so die Belastung für die Nutzenden mit fortschreitender Klimakrise steigen wird. Daher ist dazu vermehrter Forschungsbedarf in diesem Bereich dringend erforderlich.

2.3.2 Handlungsempfehlungen für das Aktivitätsfeld Bauökologie

2.3.2.1 Einsatz von emissionsarmen Baustoffen

Beschreibung

Wir verbringen durchschnittlich 90 % unserer Zeit in geschlossenen Räumen. Der Qualität der Raumluft kommt also entscheidende Bedeutung für unsere Gesundheit und unser Wohlbefinden zu. Wir nehmen Luftschadstoffe überwiegend über die Lunge auf, deshalb spielen flüchtige organische Verbindungen bei der Bewertung der Innenraumluftqualität die wichtigste Rolle. Aktuelle Emissionsquellen dieser Stoffe sind z. B. Lösungsmittelhaltige Lacke, Farben und Klebstoffe. Aber auch Boden- und Wandbeläge, Holzschutzmittel, PVC-Produkte, Dämmstoffe, Montage- und Polsterschäume, Dichtmassen sowie Möblierung mit Spanplattenverwendung. Zusätzlich sind historische, bereits seit Jahrzehnten in Österreich verbotene Schadstoffe, wie PCB (insbesondere Fugenmassen) und PAK (Gebäudeabdichtungen, Parkettklebstoff, Teerkorkwände) weitere Emissionsquellen.

Gesundheit

Schadstoffe bewirken beim / bei der Nutzer:in meistens nicht ein spezifisches Krankheitsbild, sondern können eine Reihe von Beeinträchtigungen und Befindlichkeitsstörungen auslösen (Konzentrationsstörungen, Schleimhautreizungen, Kopfschmerzen, allergische Reaktionen, Leistungsminderung etc.). Konkrete Langzeitfolgen aufgrund schlechter Innenraumluft sind wegen der Überlagerung mit anderen Faktoren wie Ernährung, Kosmetikprodukten, Rauchen, Stress und weiteren individuellen Lebensumständen nur schwierig zuordenbar. Die aktuellen Österreich-weiten Gesundheitsstatistiken zeigen in den letzten Jahren ein vermehrtes Auftreten von Asthma, Allergien, Neurodermitis usw. Krankheiten, die teilweise auf den Schadstoffcocktail, mit dem wir täglich konfrontiert sind, zurückführbar sind.

Bezug zum Klimawandel

Das Risiko der Raumluftbelastung durch flüchtige organische Verbindungen ist abhängig von der Schadstoffkonzentration im Bauteil, der Bauteiltemperatur, der Flüchtigkeit der Substanz, ob direkter oder nur indirekter Kontakt zur

Bezug zu anderen
Aktivitätsfeldern

Raumluft, der Raumtemperatur und der relativen Luftfeuchte im Innenraum. Um die Schadstoffbelastung von Innenraum zu minimieren, ist der Einsatz von emissionsarmen Baustoffen und Bauchemikalien erforderlich. Weiters müssen die historisch im Bestandsgebäude verbauten Schadstoffe und deren möglicher Einfluss auf die Raumluft beachtet werden.

Normative
Bedeutung

Mit dem Anstieg der Lufttemperatur – und damit der Bauteiltemperaturen – sowie der Luftfeuchtigkeit steigt das Risiko eine Raumluftbelastung durch flüchtige organische Verbindungen im Innenraum. Die Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit müssen in einem Komfortbereich durch bau- oder haustechnische Maßnahmen sichergestellt werden.

Handlungstragende
und empfohlene
nächste Schritte

Aufgrund der Vielfalt der flüchtigen organischen Verbindungen gibt es keine einheitlichen, sondern fallweise nur stoffbezogene Schwellenwerte. Grenzwerte für flüchtige organische Verbindungen in der Luft von Innenräumen sind in Österreich nicht vorhanden. Der empfohlenen Zielbereich liegt bei kleiner 300 Mikrogramm pro m³, wobei dieser Zielbereich als langfristig anzustrebender, hygienischer Vorsorgebereich zu verstehen ist (Ad-hoc AG 2007).

Bauherr:in, Bauunternehmer:in, Gesetzgeber:in
Verpflichtende Schadstofferkundung bei Bestandsgebäude als Planungsgrundlage vor Sanierungs- und Umbaumaßnahmen.
Verpflichtender Rückbau von innenraumrelevanten historischen Schadstoffen vor neuen Baumaßnahmen (“Überdeckungsverbot” für Schadstoffe), um diese Schadstoffquellen zu entfernen.
Verpflichtender Einsatz von emissionsarmen Produkten und repräsentative Innenraumluftmessungen mit dem Zielwert von kleiner 300 Mikrogramm VOC pro m³ bzw. 0,06 mg Formaldehyd pro m³ bei Baufertigstellung zur Qualitätssicherung.

2.3.2.2 Hygienischen Luftwechsel zur Minimierung der Schadstoffkonzentration in Innenräumen sicherstellen

Beschreibung

Gebäude werden aus vorwiegend energetischen Gründen immer luftdichter gebaut, ohne dass vielfach für einen hygienisch ausreichenden Luftwechsel gesorgt wird. Das kann zu erhöhten Schadstoffkonzentration im Innenraum und zu gesundheitlichen Belastungen der Bewohner:innen führen. Daher ist es erforderlich den normativ definierten hygienischen Luftwechsel sicherzustellen. Dieses kann über eine kontrollierte Wohnraumbelüftung oder durch eine dezentrale Abluftanlage mit einer kontrollierten Zuluft erfolgen. Eine manuelle Fensterlüftung ist in der Regel eine ungenügende Lösung. Durch einen mechanischen Luftwechsel wird eine konstante Abfuhr von zu viel Feuchte und CO₂ sowie Schadstoffen im Innenraum sichergestellt. Außerdem wird die von außen zugeführter Luft gereinigt und der Außenlärm gedämpft ohne wesentliche Einbußen am thermischen und akustischen Komfort und übermäßiger Mitwirkung der Nutzer:innen zu benötigen.

Gesundheit

Die vom Bundesministerium beauftragte Website raumluft.org liefert detaillierte Informationen zu Fragen der Raumlufte, die den Bereich Umwelt und Gesundheit betreffen. Das von klimaaktiv erstellte [Handbuch für Abluftanlagen](#) (Radermacher 2022) beschreibt detaillierte Anforderungen und Mindestwerte für dezentrale Lüftungsanlagen.

Bei unverändertem Lüftungsverhalten der Nutzer:innen und der heute üblichen dichteren Bauweisen ohne geeigneter Raumluftechnik wird die Schadstoffkonzentrationen im Innenraum zunehmen. Gesundheitliche Auswirkungen sind zu erwarten - insbesondere dann, wenn bei der Errichtung oder Sanierung des Gebäudes nicht oder nur ungenügend auf den Einsatz von emissionsarmen Baustoffen bzw. einer Schadstofferkundung zu Planungsbeginn von Umbau- und Sanierungsarbeiten geachtet wird (siehe dazu auch die Handlungsempfehlung "2.3.2.1 Einsatz von emissionsarmen Baustoffen")

Bezug zum Klimawandel

Das Risiko der Raumluftebelastung durch Schadstoffe steigt mit höheren Temperaturen, erhöhten Bauteiltemperaturen und einer höheren relativen Luftfeuchte. Um einen Anstieg im Innenraum zu vermeiden, ist der Einsatz von Lüftungsanlagen empfohlen.

Auch kann eine erhöhte Außenlufttemperatur unter Tags und in der Nacht zu einer Abnahme der manuellen Fensterlüftungen durch den Bewohner bzw. Bewohnerin führen, um die weitere Erwärmung des Innenraums zu vermeiden. Dieses geänderte Lüftungsverhalten führt ebenfalls zu einer Erhöhung der Schadstoffkonzentration im Innenraum und ggf. zu gesundheitlichen Auswirkungen.

Bezug zu anderen Aktivitätsfeldern

Mit dem Anstieg der Lufttemperatur, der Bauteiltemperatur und der Luftfeuchtigkeit steigt das Risiko einer Erhöhung der Schadstoffkonzentration im Innenraum. Die Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit müssen durch bau- oder haustechnische Maßnahmen im Komfortbereich gehalten werden. Die Bauteiltemperatur als weiterer Messparameter ist ergänzend zu beachten.

Normative Bedeutung

In Deutschland wird die VDI 4300 Blatt 1 (Messen von Innenraumlufteverunreinigungen) derzeit überarbeitet und die Bauteiltemperatur soll als ergänzender Messparameter verankert werden. Dies sollte auch in Österreich umgesetzt werden.

Handlungstragende und empfohlene nächste Schritte

Gesetzgeber:in, Planer:in, Bauherr:in, Bauunternehmer:in.
Die verpflichtende Vorgabe zur Sicherstellung des hygienischen Luftwechsels bei Neubauten und Sanierungen.

2.3.2.3 Schad- und Störstofferkundung sowie eine Rückbaubegleitung durch fachkundige Person bei Sanierung sicherstellen

Beschreibung

Beginnend in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts und nochmals verstärkt nach 1945 wurden in Österreich in vielen Gebäuden unterschiedlichste Schadstoffe, etwa organische Substanzen, Schwermetalle oder Faserstoffe eingebaut, die heute noch als Schadstoffe die Raumlufte oder im Falle eines Rückbaus auch den Gebäudeabbruch belasten können. Neben Asbest gehören KMF (Künstliche Mineralfasern), H/FCKW ((teil-)halogenierte

Gesundheit

Fluorkohlenwasserstoffe), PCB (polychlorierte Biphenyle), PAK („Teer“, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe), Schwermetalle und Biozide mit insektizider und fungizider Wirkung wie PCP (Pentachlorphenol), DDT und Lindan dazu. Neuere Schadstoffquellen sind Phthalat-Weichmacher in PVC-Beläge und Chlorparaffine.

Asbest ist ein krebserregender Arbeitsstoff, lungengängig und Auslöser von Asbestose (Asbeststaub-Lungenerkrankung) sowie Lungen- und Rippenfellkrebs (Mesotheliom). PCBs sind KMR-Stoffe (KMR (krebserzeugend, mutagen und reproduktionstoxisch). Die akute Toxizität von PCB-Gemischen ist gering. Erkennbare Effekte werden erst nach längerer Belastung sichtbar. Bei chronischer Belastung können auch niedrige Dosen von PCB diverse toxische Effekte hervorrufen. PAK in vielen teerhaltigen Produkten sind ebenfalls als KMR-Stoff eingestuft. Die akute gesundheitliche Wirkung z. B. durch Einatmen ist u. a. die Schädigung des Nervensystems mit Auswirkungen auf Lunge, Leber und Nieren. Die gesundheitlichen Auswirkungen von PCP belastenden Wohnungen sind z.B. raschere Ermüdung, verminderte Konzentrationsfähigkeit, Kopfschmerzen, Ruhelosigkeit, Reizbarkeit und Schleimhautreizungen.

Bezug zum Klimawandel

Durch die verbauten Altlasten sind Bestandsgebäude vermehrt vom Klimawandel betroffen, weil die Bauteiltemperaturen und damit die Emissionen der Schadstoffe in Innenräumen ansteigen sowie durch einen unsachgemäßen Rückbau die Schadstoffe bei Sanierungen vermehrt freigesetzt werden können und die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen gefährden.

Bezug zu anderen Aktivitätsfeldern

Bei der Auswahl der Baustoffe bei Sanierung und Neubau ist darauf zu achten keine Schadstoffe der Zukunft im Außen- und Innenraum verbaut werden. Ein „Überdeckungsverbot“ sollte umgesetzt werden, d. h. erkannte Schadstoffe müssen vor dem Einbau neuer Baustoffe entfernt werden (zB PCB-haltiges Fugenmaterial in Fassadenfugen muss aus Fassade vor Anbringen eines Vollwärmeschutzes entfernt werden.)

Normative Bedeutung

Das Asbestverbot trat in Österreich 1990 in Kraft, jedoch wurden bis dahin viele Millionen m² Dach- und Fassadenfläche als Altlast verbaut. Das EU-Verbot für Asbest trat im Jahr 2005 in Kraft.

Das Verbot von PAKs in Neuprodukten gibt es seit 2003 (BGBl. 447/2003). In den 1970er Jahren war die intensive Anwendungszeit von PAK-haltigen Baustoffen überschritten. Jedoch ist über Importe eine Anwendung noch lange danach möglich gewesen. Für das Naphthalin (einfachstes PAK) gibt es auf Basis der deutschen Richtwerte I und II Grenzwerte für die Innenraumluft. Diese werden auch für Österreich herangezogen, da österreichische Grenzwerte fehlen.

In Österreich wurden PCB-haltige Produkte 1993 mit dem BGBl. 210/1993 in Neuprodukten verboten.

Für alle oben genannten Schadstoffe gibt es keine Rückbauverpflichtung in Bestandsgebäuden.

Handlungstragende und empfohlene nächste Schritte

Bauherr:in und Bauunternehmer:in als Ausführende; Bund als Gesetzgeber, Bei Sanierungen ist für jedes Gebäude eine Schad- und Störstoffuntersuchung durchzuführen. Bei mehr als 750 t Bau- oder Abbruchabfälle hat die Dokumentation in einer von der ÖNOR EN ISO 16000-32 definierten Form zu erfolgen, wie dies die Recycling Baustoff-VO (BGBL. II 290/2016) derzeit verlangt wird.

Eine Rückbaubegleitung (“Schadstoff-Fachbauaufsicht”) zur Unterstützung der Örtlichen Bauaufsicht ist zur Qualitätssicherung sehr empfehlenswert.

2.3.2.4 Erhöhter Forschungsbedarf über die Auswirkungen des Klimawandels auf das Emissionsverhalten und Funktionalität von Baustoffen

Beschreibung

Die Auswirkungen des Klimawandels auf das Emissionsverhalten und die Funktionalität von Bauprodukten waren Gegenstand des Forschungsprojektes NORM. Die durchgeführten Interviews und die Literaturrecherche belegen, dass nur eine geringe wissenschaftliche Grundlage zu Beurteilung vorhanden ist. So gibt es z.B. eine dreiseitige Bekanntmachung des deutschen Umweltbundesamtes über „Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Luftqualität in Innenräumen“ (Umweltbundesamt 2019), einige wenige Studien zum Emissionsverhalten aus Holzwerkstoffen (z.B. Maraun 2019) und veröffentlichte Analysenergebnisse zu erhöhten Emissionen von PCB und PAK (z. B. Wesselmann 2022) mit Bezug auf Temperatur. Es hat sich gezeigt, dass die Folgen des Klimawandels für Baustoffe auf den Außen- und Innenraum aus allgemeinen Erfahrungswerten abgeleitet werden.

Gesundheit

Das Wissen über die Auswirkungen des Klimawandels auf das Emissionsverhalten und Funktionalität von Bauprodukten hilft die gesundheitlichen Folgen beurteilen zu können und entsprechende Handlungsalternativen aufzuzeigen.

Bezug zum Klimawandel

Der fortschreitende Klimakrise führt auch zu erhöhten Bauteiltemperaturen in Gebäuden. Dieses kann die Emissionen von in den Gebäude verbauten Schadstoffen wie PCB und PAK und damit die Schadstoffbelastung des Innenraums erhöhen.

Von einer erhöhten mechanischen Belastung auf die Baustoffe durch den Klimawandel ist auszugehen – insbesondere durch Extremwetterereignisse wie z.B. Hagel, Starkwinde, Starkniederschläge oder Hitzewellen. Konkrete Folgen können mangels fehlender wissenschaftlicher Grundlagen nicht angeführt werden. Das betrifft auch die vorhanden Datengrundlage über die Veränderungen von kleinräumigen Extremwetterereignissen wie z.B. Starkniederschläge.

Bezug zu anderen Aktivitätsfeldern

Die Baustoffe für Sanierung und Neubau sind für Außen- und Innenraum entsprechend den zukünftigen klimatischen Verhältnissen am Standort zu wählen.

Normative
Bedeutung

Handlungstragende
und empfohlene
nächste Schritte

Das Wissen über die Auswirkungen des Klimawandels auf das Emissionsverhalten und Funktionalität von Bauprodukten hilft das Normungswesen an die zukünftigen Verhältnisse besser anzupassen.

Bund, Bundesländer, universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, Baustoffhersteller.

Für die Erarbeitung der Auswirkungen des Klimawandels auf das Emissionsverhalten und Funktionalität von Baustoffen sind Mittel bereitzustellen. In Forschungsprogrammen sind Ressourcen für relevante Fragestellungen vorzusehen.

3 Literatur

- Ad-hoc AG (2007): Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten. Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 2007 · 50:990-1005.
- Antoszewski, P., Świerk, D., Krzyżaniak, M. (2020). Statistical Review of Quality Parameters of Blue-Green Infrastructure Elements Important in Mitigating the Effect of the Urban Heat Island in the Temperate Climate (C) Zone. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 7093.
- Bei, B., et al. (2013): A prospective study of the impact of floods on the mental and physical health of older adults. *Aging Ment Health*, 17(8): p. 992-1002.
- Capari, L., Wilfing, H., Exner, A.; Höflehner, T., Haluza, D. (2022). Cooling the City? A Scientometric Study on Urban Green and Blue Infrastructure and Climate Change-Induced Public Health Effects. *Sustainability*, 14, 4929.
- Cianconi, P., S. Betro, and L. Janiri, The Impact of Climate Change on Mental Health (2020): A Systematic Descriptive Review. *Front Psychiatry*, 11: p. 74.
- Depietri, Y., Renaud, F.G., Kallis, G. (2011). Heat waves and floods in urban areas: A policy-oriented review of ecosystem services. *Sustain. Sci.*, 7, 95–107.
- Engineer, A., et al. (2021): An integrative health framework for wellbeing in the built environment. *Building and Environment*, 205: p. 108253.
- Filho, W.L., Icaza, L.E., Emanche, V.O.; Al-Amin, A.Q. (2017). An Evidence-Based Review of Impacts, Strategies and Tools to Mitigate Urban Heat Islands. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 14, 1600.
- Filho, W.L., Icaza, L.E., Neht, A., Klavins, M., Morgan, E.A. (2018). Coping with the impacts of urban heat islands. A literature-based study on understanding urban heat vulnerability and the need for resilience in cities in a global climate change context. *J. Clean. Prod.*, 171, 1140–1149.
- Filho, W.L., Wolf, F., Castro-Díaz, R., Li, C., Ojeh, V.N., Gutiérrez, N., Nagy, G.J., Savić, S., Natenzon, C.E., Quasem Al-Amin, A., Maruna, M., Bönecke, J. (2021). Addressing the Urban Heat Islands Effect: A Cross-Country Assessment of the Role of Green Infrastructure. *Sustainability*, 13, 753.
- Founda, D., Santamouris, M. (2012). Synergies between Urban Heat Island and Heat Waves in Athens (Greece), during an extremely hot summer. *Sci. Rep.* 2017, 7, 1–11.
- Gabriel, K.M.A., Endlicher, W.R. (2011). Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany. *Environ. Pollut.* 159, 2044– 2050.
- Gouldson, A., et al. (2018): The economic and social benefits of low-carbon cities: A systematic review of the evidence. London and Washington DC.
- Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M. (2018): Chapter 3. Impacts of 1.5°C of Global Warming on Natural and Human Systems. IPCC.
- Jay, O., et al. (2021): Reducing the health effects of hot weather and heat extremes: from personal cooling strategies to green cities. *The Lancet (British edition)*, 398 (ISSN: 0140-6736): p. 724.
- Kleerekoper, L., van Esch, M., Salcedo, T.B. (2012). How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. *Resour. Conserv. Recycl.* 64, 30–38.

- Laaidi, K., et al. (2012). The impact of heat islands on mortality in Paris during the August 2003 heat wave. *Environ Health Perspect*, 120(2): p. 254-9
- Lee, A.C.K., Maheswaran, R. (2011). The health benefits of urban green spaces: A review of the evidence. *J. Public Health*, 33, 212–222.
- Lehmann, S., *Low carbon districts (2014): Mitigating the urban heat island with green roof infrastructure*. *City, Culture and Society*, 5(1): p. 1-8.
- Li, D., Bou-Zeid, E. (2013). Synergistic Interactions between Urban Heat Islands and Heat Waves: The Impact in Cities Is Larger than the Sum of Its Parts. *J. Appl. Meteorol. Clim.*, 52, 2051–2064.
- Li, G., et al. (2018): Urban soil and human health: a review. *European journal of soil science*, 69 (ISSN: 1351-0754): p. 215.
- Lin, B.B., Meyers, J., Beaty, M.R., Barnett, B.G. (2016). Urban Green Infrastructure Impacts on Climate Regulation Services in Sydney, Australia. *Sustainability*, 8, 788.
- Livesley, S.J., McPherson, E.G., Calfapietra, C. (2016). The Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale. *J. Environ. Qual.*, 45, 119–124.
- Maraun, W. (2019): "Es wird wärmer" - Reaktive Emissionen aus Holzwerkstoffen. In: *Umwelt, Gebäude & Gesundheit: Schadstoffe, Gerüche und Sanierung, Ergebnisse des 12. AGÖF Fachkongresses in Hallstadt bei Bamberg, Oktober 2019*. Herausgeber: Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute e.V., ISBN 978-3-930576-11-1, Seite 22-31
- Marselle, M.R., et al. (2021): Biodiversity and Health in the Urban Environment. *Current Environmental Health Reports*, 8(2): p. 146-156.
- Menon, S., Akbari, H., Mahanama, S., Sednev, I., Levinson, R. (2010). Radiative forcing and temperature response to changes in urban albedos and associated CO₂ offsets. *Environ. Res. Lett*, 5, 014005.
- Mesquita, C.T., Azevedo-Silva, F. (2022). Exposome and cardiometabolic health: Temperature change and humidity are part of the puzzle, *Revista Portuguesa de Cardiologia*, Volume 41, Issue 1, 59-60.
- Munro, A., et al. (2017): Effect of evacuation and displacement on the association between flooding and mental health outcomes: a cross-sectional analysis of UK survey data. *Lancet Planet Health*, 1(4): p. e134-e141.
- Nahar, N., et al. (2014): Increasing the provision of mental health care for vulnerable, disaster-affected people in Bangladesh. *BioMed Central*, 14: p. 1-9.
- Norton, B.A., Coutts, A.M., Livesley, S.J., Harris, R.J., Hunter, A.M., Williams, N.S.G. (2015). Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes. *Landsc. Urban Plan.* 134, 127–138.
- Oke, T.R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 108, 1–24.
- Peng, M. (2011): Association between posttraumatic stress disorder and pre-flood behavioral characteristics among children aged 7-15 years in Hunan, China. *Medical Principles and Practice*, 20: p. 336-340.
- Radermacher, M. (2022): *klimaaktiv Leitfaden: Abluft im Wohnbau*. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Wien.

Rogers, C.D., Gallant, A.J., Tapper, N.J. (2019). Is the urban heat island exacerbated during heatwaves in southern Australian cities? *Appl. Clim.*, 137, 441–457.

Santamouris, M. (2015). Analyzing the heat island magnitude and characteristics in one hundred Asian and Australian cities and regions. *Sci. Total Environ.*, 512–513, 582–598.

Santamouris, M. (2016). Innovating to zero the building sector in Europe: Minimising the energy consumption, eradication of the energy poverty and mitigating the local climate change. *Sol. Energy*, 128, 61–94.

Shou, Y., Zhang, D.-L. (2012). Recent advances in understanding urban heat island effects with some future prospects. *Acta Meteorol. Sin.*, 70, 338–353.

Umweltbundesamt (2019): Stellungnahme der Kommission Innenraumlufthygiene (IRK) am Umweltbundesamt - Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Luftqualität in Innenräumen. *Bundesgesundheitsblatt* 62, 232–234. <https://doi.org/10.1007/s00103-018-2870-4>

Venter, Z.S., Krog, N.H., Barton, D.N. (2020). Linking green infrastructure to urban heat and human health risk mitigation in Oslo, Norway. *Sci. Total. Environ.*, 709, 136193.

Wesselmann M. (2022). Tagungsband des 13. AGÖF-Fachkongress “Umwelt, Gebäude & Gesundheit”, 20.10. und 21.10.2022 in Hallstadt bei Bamberg.

Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Boykoff, M., Byass, P., Cai, W., Campbell-Lendrum, D., Capstick, S., et al. (2019). The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: Ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *Lancet*. 394, 1836–1878.

Xiao, J.Y., Ji, N., Li, X., Yu, L.X., Ji, F. (2015). Cooling effect of city parks—A case of Shijiazhuang. *J. Arid. Landsc. Res. Environ.* 29, 75–79.

Zhao, L., Oppenheimer, M., Zhu, Q., Baldwin, J.W., Ebi, K., Bou-Zeid, E., Guan, K., Liu, X. (2018). Interactions between urban heat islands and heat waves. *Environ. Res. Lett.*, 13, 034003.

Zhang, J., et al., (2022): The impact of the building morphology on microclimate and thermal comfort-a case study in Beijing. *Building and Environment*, 223: p. 109469.