



Grüne Stadt der Zukunft - klimaangepasste Quartiere

Wie Städte und Gemeinden klimaresilient werden

Prof. Dr. Simone Linke, HSWT



Inhalt

- Zahlen, Fakten und Argumentationsgrundlagen
- Klimaanpassung durch grüne Infrastruktur
- Handlungsoptionen in der Stadt- u. Ortsentwicklung

Forschungsprojekt



GRÜNE STADT DER ZUKUNFT

KLIMARESILIENTE QUARTIERE IN EINER WACHSENDEN STADT



GEFÖRDERT VOM



Zahlen, Fakten und Argumentationsgrundlagen rund um den Klimawandel und die konkreten Auswirkungen vor Ort



Hitze

Hitze in Kempten und München

München



Kempten



Quellen: <https://klimadashboard.org/de>

Hitze – Auswirkungen

Folgen durch Hitze (Auswahl):

- Gesundheitliche Beeinträchtigungen bis zum Tod (u. a. Flüssigkeitsmangel, Verschlimmerung vorhandener Krankheiten, Belastung des Herz-Kreislauf-Systems, Verschlimmerung von u.a. Atemwegserkrankungen)
- Höhere UV-Exposition
- Schlechtere Luftqualität
- Verstärkung von Allergien und Ausweitung der Pollensaison

Hitzewelle 2018

„Es gab etwa 8 700 hitzebedingte Sterbefälle im Jahr 2018, etwa 6 900 im Jahr 2019 und etwa 3 700 im Jahre 2020. [...] Insbesondere das Jahr 2018 liegt [damit] in einer ähnlichen Größenordnung wie die historischen Hitzejahre 1994 und 2003 (jeweils rund 10.000 Sterbefälle).“



<https://www1.wdr.de/fernsehen/aktuelle-stunde/hitze-wirkung-koerper-100.html>



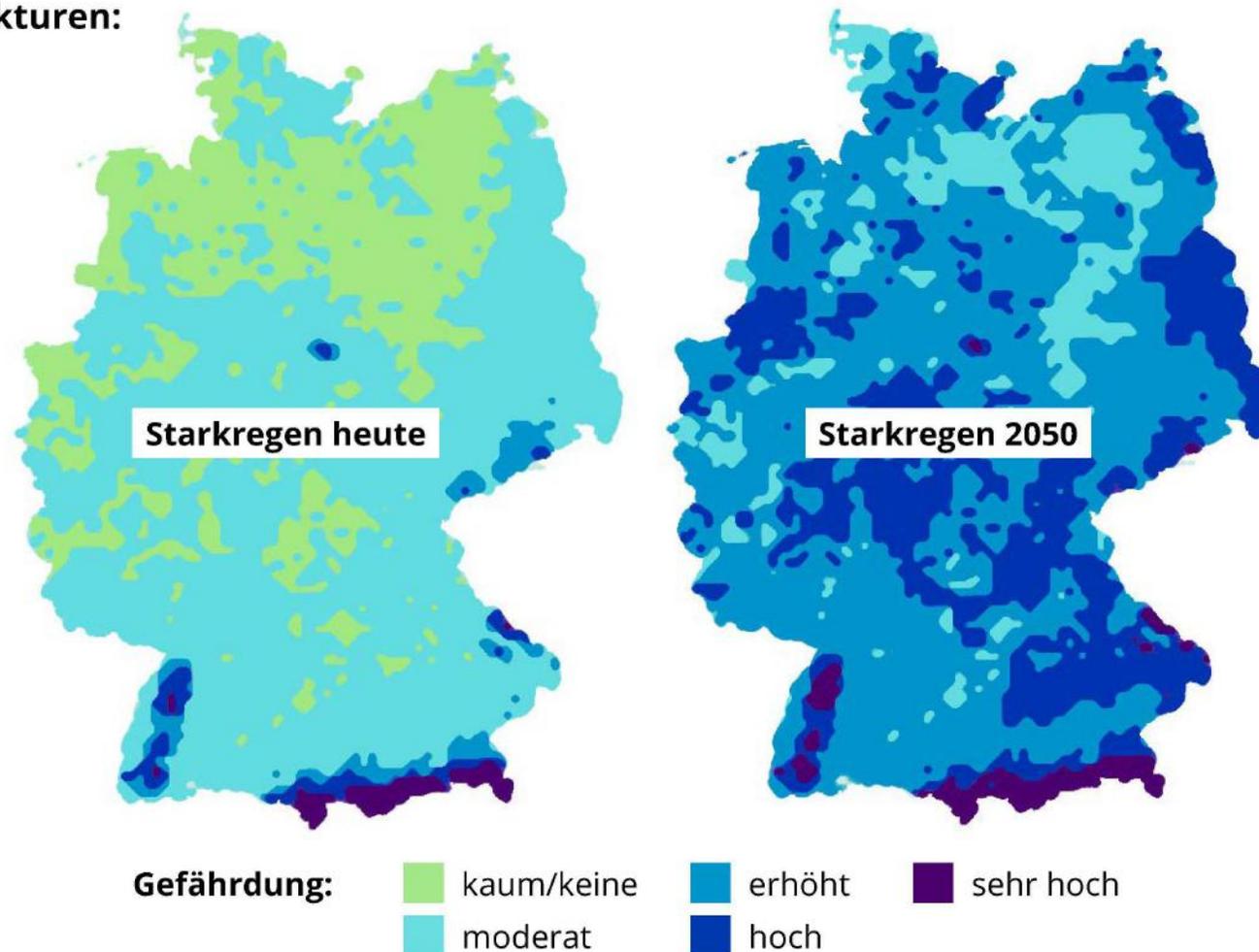
Starkregen

Niederschläge werden intensiver

Auswirkungen auf Mensch, Umwelt und Infrastrukturen:
33,1 Mrd. € direkte Schäden durch Sturzfluten
und Überschwemmungen im Jahr 2021
(Trenczek et al. 2022)



Foto: Adobe Stock



Grafik: V. Haese 2024 basierend auf Karten des BBSR Bonn 2019 (Farbschema verändert)

Starkregen - Auswirkungen

- Todesfälle
- Temporäre Beeinträchtigungen der Roh- und Trinkwasserqualität
- Mischwasserüberlauf und Gewässerbelastung
- Kanalrückstau im Gebäude
- Monetäre Schäden (z.B. Feuchteschäden und Verschmutzung am oder im Gebäude)

Starkregen 2021 im Rheinland-Pfalz:

135 Tote, 9.000 zerstörte Gebäude und ca. 20 Milliarden Euro Sachschaden an privatem Eigentum und öffentlicher Infrastruktur



Bildquelle: [tagesspiegel.de/images/starkregen-in-berlin/20052468/3-format43.jpg](https://www.tagesspiegel.de/images/starkregen-in-berlin/20052468/3-format43.jpg); aufgerufen am 24.06.2021

Starkregen - Auswirkungen

- Todesfälle
- Temporäre Beeinträchtigungen der Roh- und Trinkwasserqualität
- Mischwasserrückstau
- Kanalrückstau
- Monetäre Schäden
- Verschmutzung

Naturgefahrenbilanz 2023

Unwetter: Fast fünf Milliarden Euro Schäden

28.12.2023 | 13:54



Sturm, Hagel, Überschwemmungen: Wetterextreme haben in diesem Jahr Schäden in Höhe von 4,9 Milliarden Euro verursacht. Prävention werde wichtiger, sagt die Versicherungswirtschaft.

Starkregen 2021 im Rheinland-Pfalz:

135 Tote, 9.000 zerstörte Gebäude und ca. 20 Milliarden Euro Sachschaden an privatem Eigentum und öffentlicher Infrastruktur

ZDF online, 28.12.2023

Bildquelle: tagesspiegel.de/images/starkregen-in-berlin/20052468/3-format43.jpg;aufgerufen am 24.06.2021

Starkregen - Auswirkungen

- Todesfälle
- Temporäre Beeinträchtigungen der Roh- und

Der Dauerregen hat vor allem Schwalben zugesetzt, viele sind verhungert, erfroren oder erschöpft zu Boden gefallen. Und den überlebenden Tieren droht neue Gefahr.

SZ, 19.09.2024

- Monetäre Schäden (z.B. Feuchteschäden und Verschmutzung am oder im Ge

n. 24 Menschen starben durch die Fluten. Die den allein dürften bei mehr als zwei Milliarden

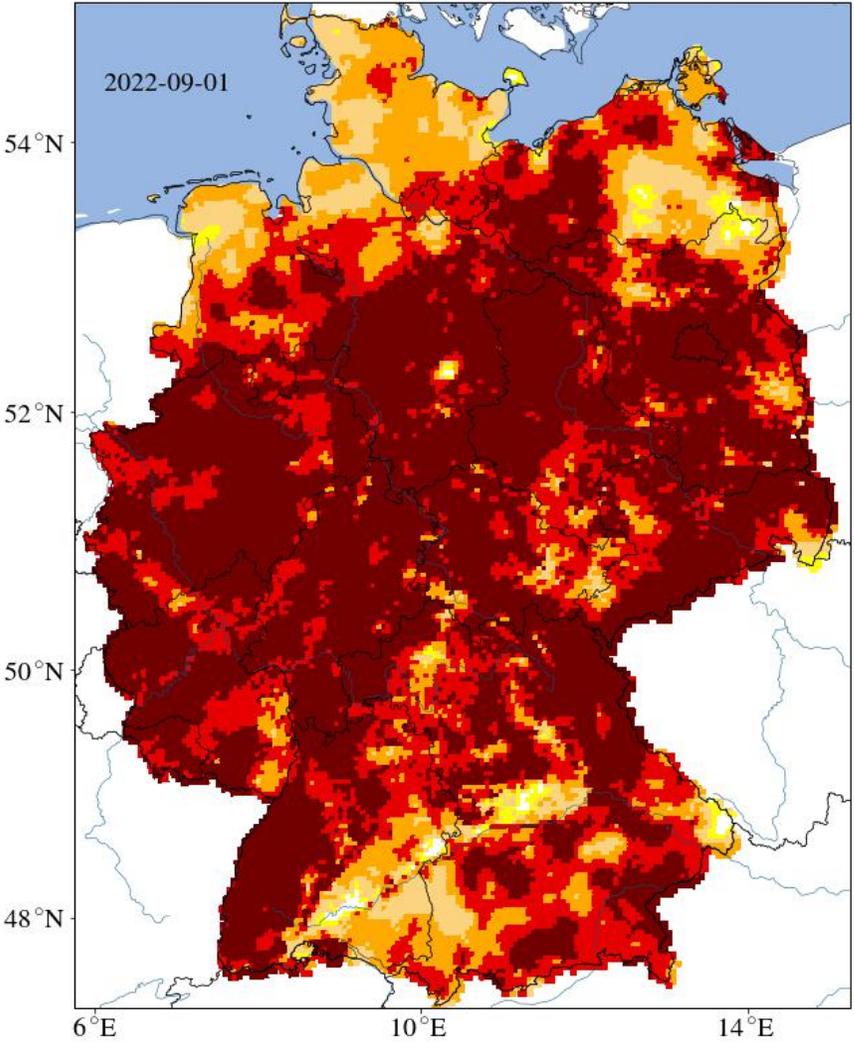
SZ, 25.09.2024

Starkregen 2021 im Rheinland-Pfalz:

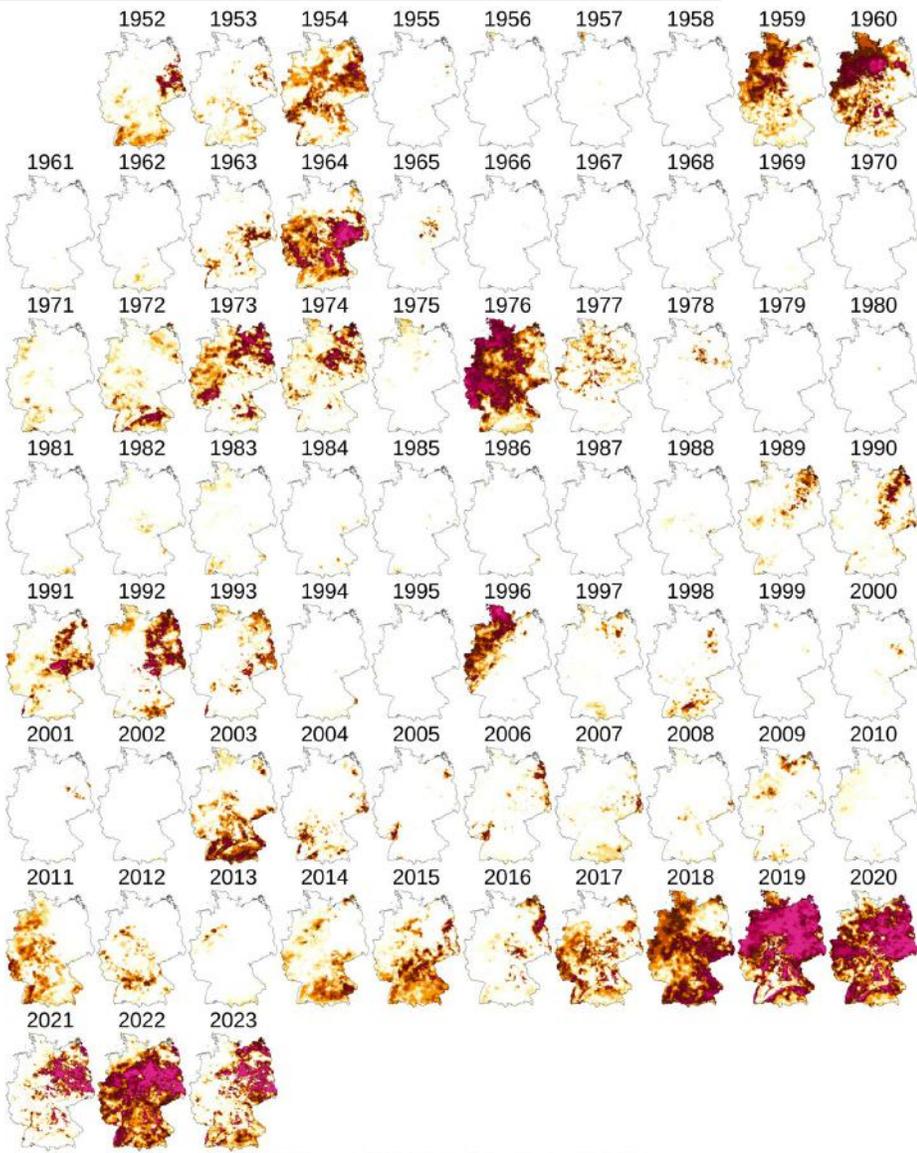
135 Tote, 9.000 zerstörte Gebäude und ca. 20 Milliarden Euro Sachschaden an privatem Eigentum und öffentlicher Infrastruktur

Bildquelle: tagesspiegel.de/images/starkregen-in-berlin/20052468/3-format43.jpg;aufgerufen am 24.06.2021

Trockenheit



Dürreintensitäten in der Vegetationsperiode April bis Oktober von 1952 bis 2022



Entwicklung der Dürre September 2022

- außergewöhnliche Dürre
- extreme Dürre
- schwere Dürre
- moderate Dürre
- ungewöhnlich trocken

© UFZ-Dürremonitor/ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Friedrich Boeing

Klimaanpassung durch grüne und blaue Infrastruktur

Vielseitige Leistungen für klimaresiliente Städte:

- Kaltluft produzieren
- Quartiere durchlüften
- Regenwasser versickern, rückhalten und verdunsten
- durch Verschattung und Verdunstung Freiräume und Gebäude kühlen
- Zusatznutzen:
Lebens-/Aufenthaltsqualität verbessern
und Biodiversität erhöhen



Foto: © iÖW / J. Rupp 2021



Foto: © Sabrina Erlwein 2019



Foto: © iÖW / J. Rupp 2021



Foto: © Rufus46 2011, Wikimedia
(CC BY-SA 3.0)



Foto: © Dr. Sarah Rivière 2017



Foto: © Bernhard Rohnke / WRW
FreiRaumArchitekten 2015

Klimaanpassung durch grüne und blaue Infrastruktur

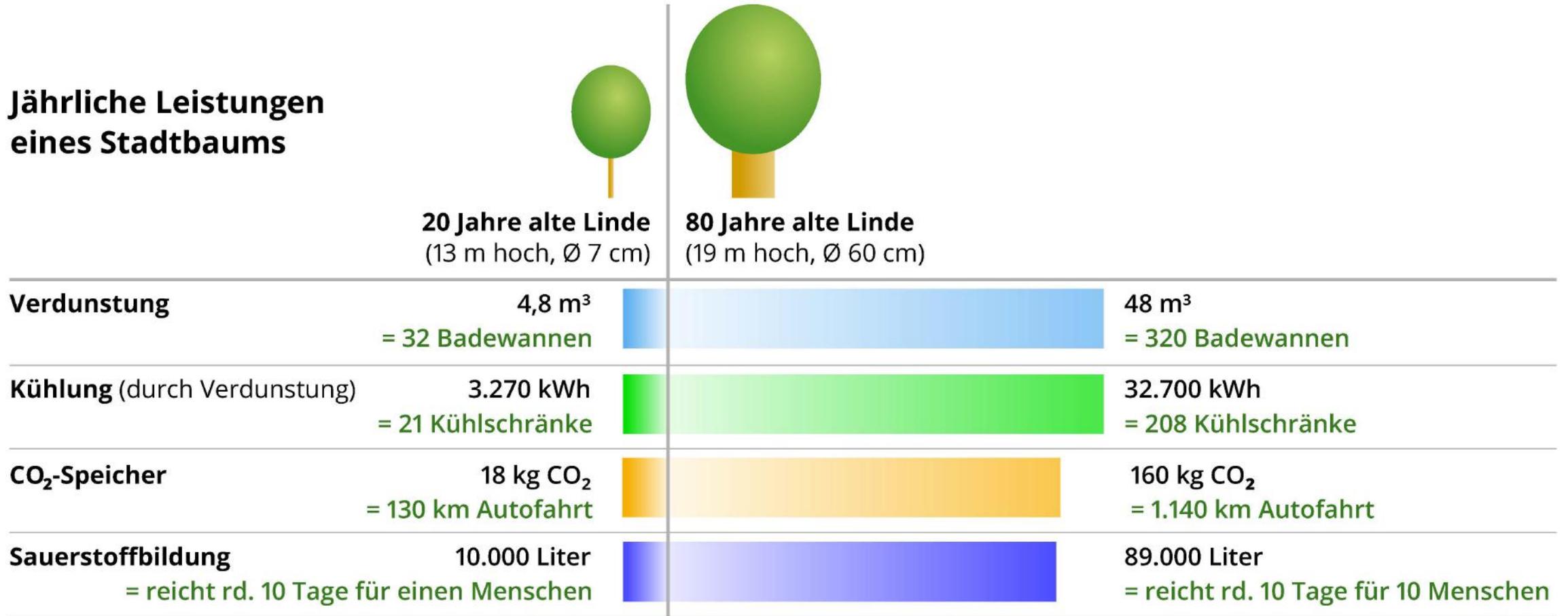


GRÜN ist nicht
gleich GRÜN



Unersetzbare Multitalente für klimaangepasste Städte

Jährliche Leistungen eines Stadtbaums



Quelle: Daten nach Rötzer, T. et al. (2021). Leitfaden für Stadtbäume in Bayern. München. (Basierend auf dem Modell „CityTree“: Rötzer, T. et al. (2019). Process based simulation of tree growth and ecosystem services of urban trees under present and future climate conditions. Science of the Total Environment 676, S. 651–664.) (Beispiele zur Veranschaulichung: eigene Berechnung)

Grüne Infrastruktur / Mikroklima
Durchlüftung
wassersensible Quartiersentwicklung

Klimaanpassung in der Nachbarschaft :

Grüne Infrastruktur / Mikroklima

Durchlüftung

wassersensible Quartiersentwicklung

Reallabor Moosach – Klimaregulation durch GI



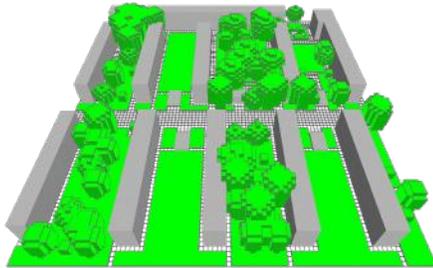
Sanierungsgebiet
mit einer Größe
von 35 ha

Abb. S. Erlwein

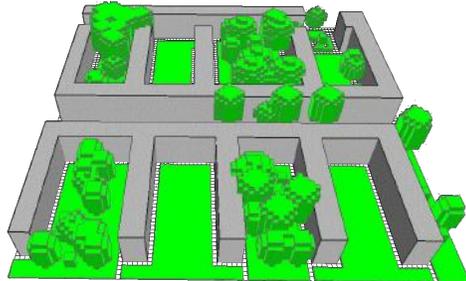
Reallabor Moosach – Grüne Infrastruktur / Mikroklima

Entwicklungsszenarien

I) Nachverdichtungstyp

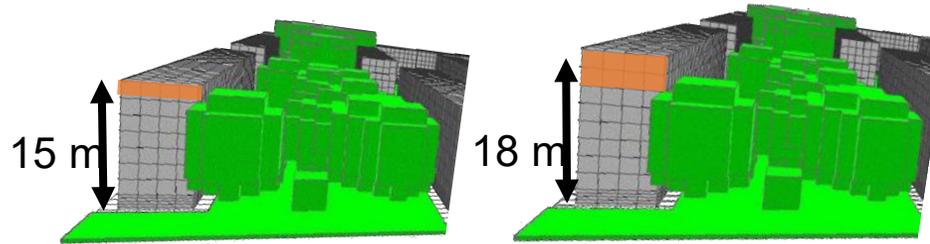


Aufstockung

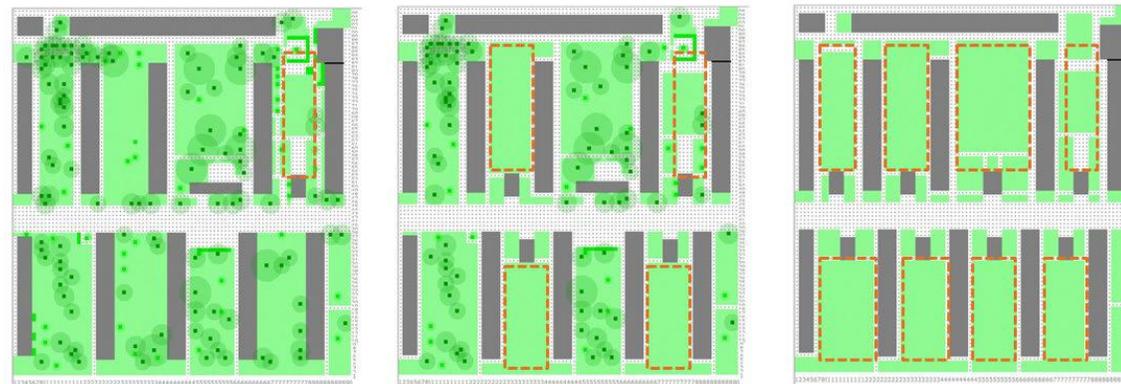


Zeilenschluss

II) Gebäudehöhe



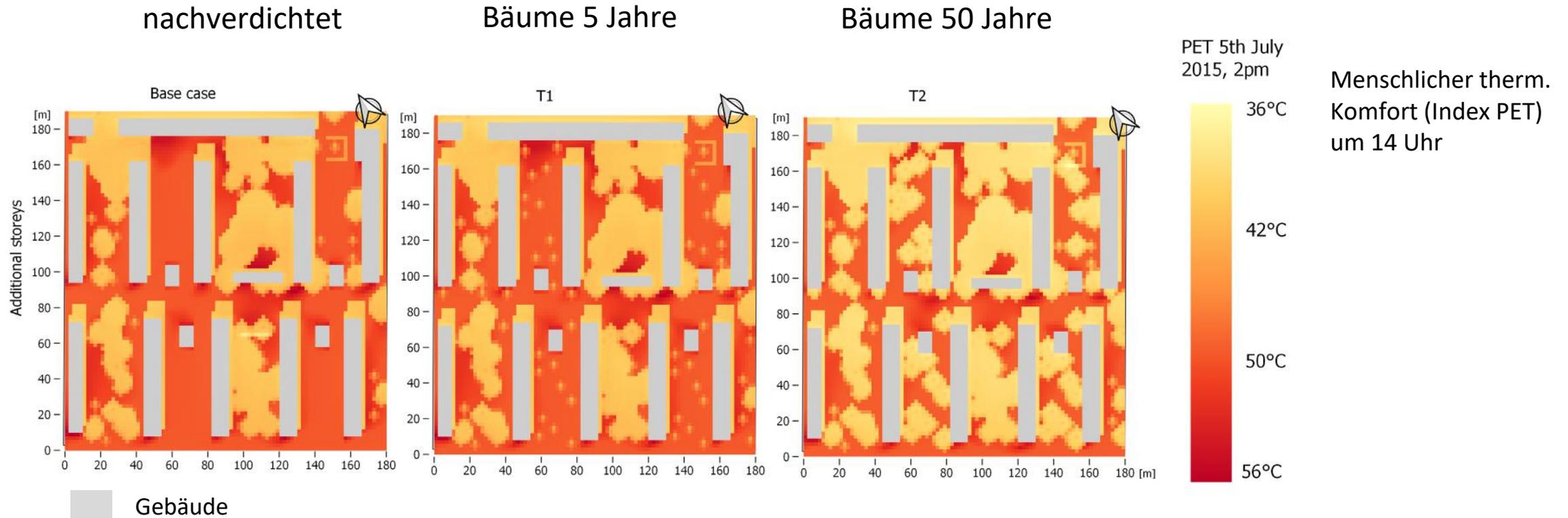
III) Stellplätze (Erhalt Bestandsvegetation)



Tiefgaragen

Abb. S. Erlwein

Reallabor Moosach – Grüne Infrastruktur / Mikroklima



Erhalt des Altbaumbestandes wichtig, z.B. durch Reduzierung des Stellplatzschlüssels!

Klimaanpassung in der Nachbarschaft :

Grüne Infrastruktur / Mikroklima

Durchlüftung

wassersensible Quartiersentwicklung

Reallabor Moosach – Durchlüftung

Projektergebnisse – Kaltluftvolumenstrom nachts

Ist-Zustand
Kaltluftvolumenstrom
um 4 Uhr nachts

- Kaltluftentstehungsgebiet Westfriedhof
- Verteilung der Luftmassen in das Siedlungsgebiet



Windfeld in 2 m ü. Grund (m/s)

Aggregierte 15 m Auflösung

	< 0,1
↑	0,1 bis 0,2
↑	> 0,2 bis 0,3
↑	> 0,3 bis 0,5
↑	> 0,5 bis 1,0
↑	> 1,0

Kaltluftvolumenstrom

□	Gering
□	Mäßig
□	Hoch
□	Sehr hoch
□	Untersuchungsraum ENVI-met
□	Gebäude

Reallabor Moosach – Durchlüftung

Projektergebnisse – Kaltluftvolumenstrom nachts



Aufstockung



Zeilenschluss

Differenz Ist- zu Plan-Zustand

 Zusätzliche Baumstandorte

Veränderung Volumenstrom
in Prozentpunkten

 ≤ -25

 -25 bis < -20

 -20 bis < -15

 -15 bis < -10

 -10 bis < -5

 > -5 bis < 5

 5 bis > 10

 ≥ 10

 Untersuchungsraum
ENVI-met

 Gebäude

Klimaanpassung in der Nachbarschaft :

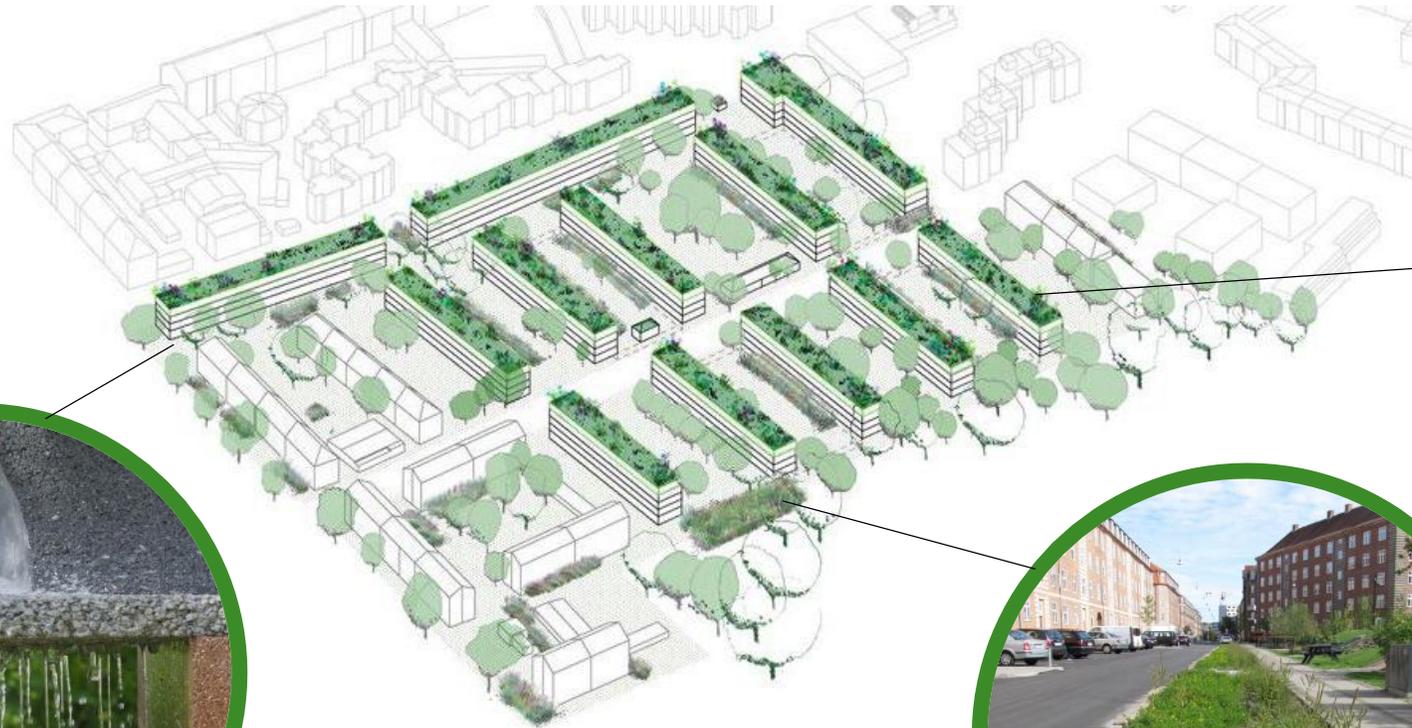
Grüne Infrastruktur / Mikroklima

Durchlüftung

wassersensible Quartiersentwicklung

Reallabor Moosach – wassersensible Quartiersentwicklung

Nachhaltige Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen



Durchlässige Beläge



JJ. Harrison, CC BY-SA 3.0

Blaugrünes Dach



S. Erlwein



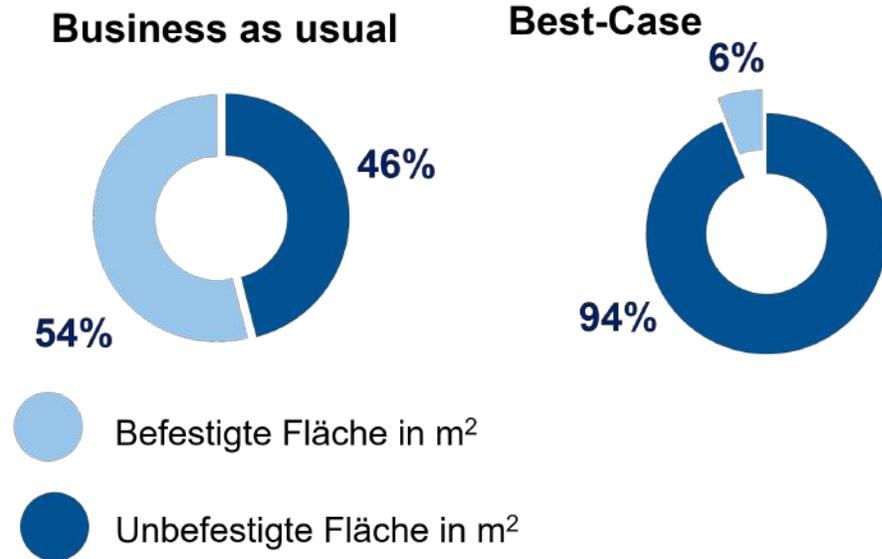
Abb. S. Pauleit

Regengärten

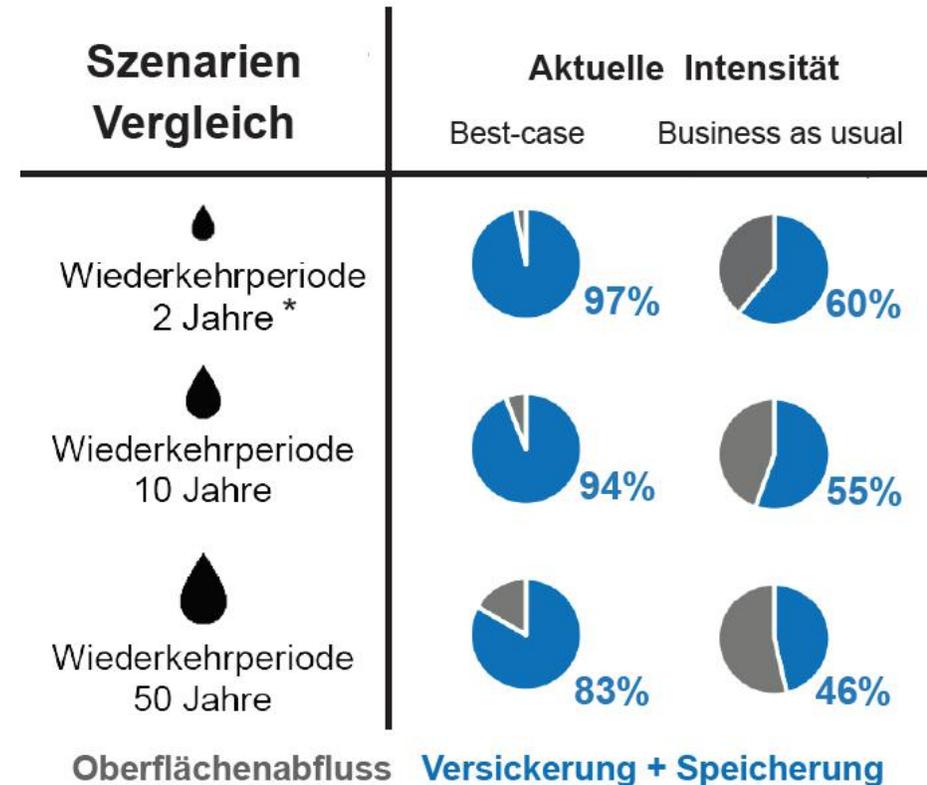
Reallabor Moosach – wassersensible Quartiersentwicklung

Nachhaltige Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen

Untersuchung der hydrologischen Auswirkungen - Simulationsergebnisse Szenarienvergleich



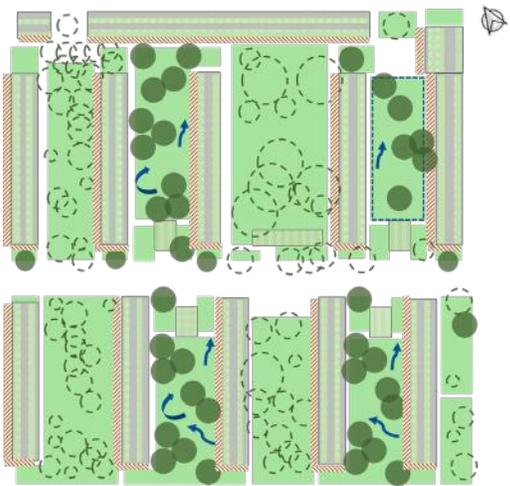
Rosenberger et al. 2021



Zwischenfazit

Grün kann Hitze und Starkregen regulieren!

Aber: „Grün“ ist nicht gleich „Grün“



- **Großbaumbestand elementar:** Der Verlust älterer, vitaler Bäume ist zu vermeiden. Stellplatzschlüsselreduzierung ermöglicht grüne & dichte Quartiere
- **Strategische Platzierung:** Pflanzung von Bäumen in thermischen Hotspots, während Durchlüftungsachsen freigehalten werden
- **Nachhaltige Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen** integrieren
- Kombinierte Analyse von Durchlüftung, Mikroklima und Starkregen für klimaorientierte Nachverdichtung

Konkrete Handlungsempfehlungen

- Grüne und blaue Infrastruktur erhöht Anpassungsfähigkeit der Bevölkerung an Hitze und Dichte
- Auch kleine wohnungsnah Grünflächen verringern Dichtestress (wichtig für vulnerable Gruppen)



Strategisch platzierte Erholungs- und Abkühlmöglichkeiten im öffentlichen Raum



Parks und Freiflächen dichte- und hitzegerecht gestalten

Bedarfsorientierte und nutzerfreundliche Planung von Grün ist ausschlaggebend

Blaue Infrastruktur integrieren als wohnortnahe Abkühlungsmöglichkeit



Kühlere und ruhige Grünflächen am Stadtrand oder im Umland erschließen



Aufenthaltsqualität und Fußgänger:innenfreundlichkeit im Straßenraum erhöhen



Handlungsoptionen in der Stadt- und Ortsentwicklung

Beteiligte Akteur:innen und übergeordnete Aspekte

Rechtliche Rahmenbedingungen



Planerische Instrumente



Übergeordnete Aspekte



Übergeordnete Aspekte



Instrumentenübergreifende Empfehlungen



Und:

**Neue Standards für die Klimaanpassung in die
Planung integrieren!**

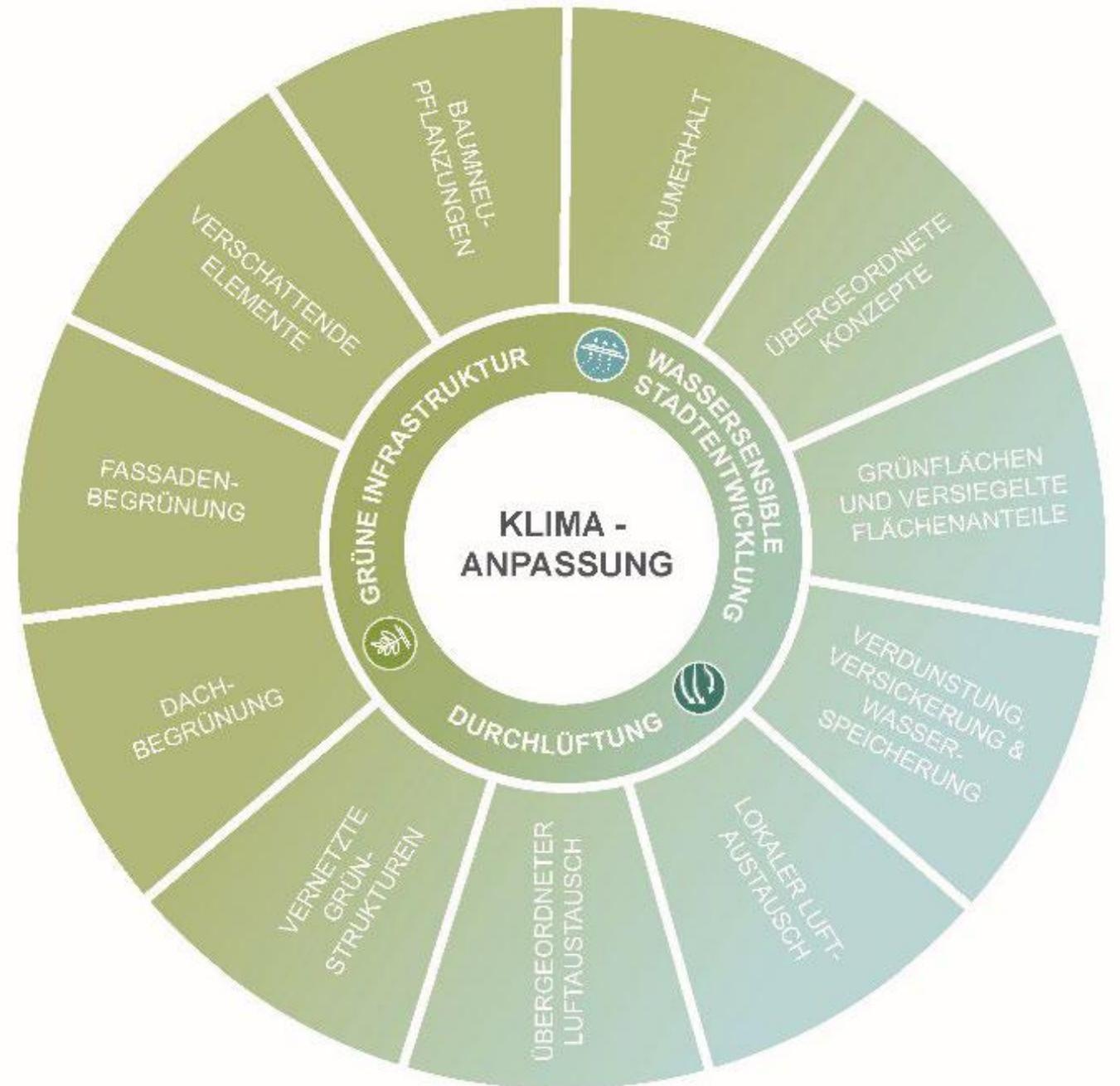
Klimaangepasste städtebaulich- landschaftsplanerische Wettbewerbe



Neue Standards

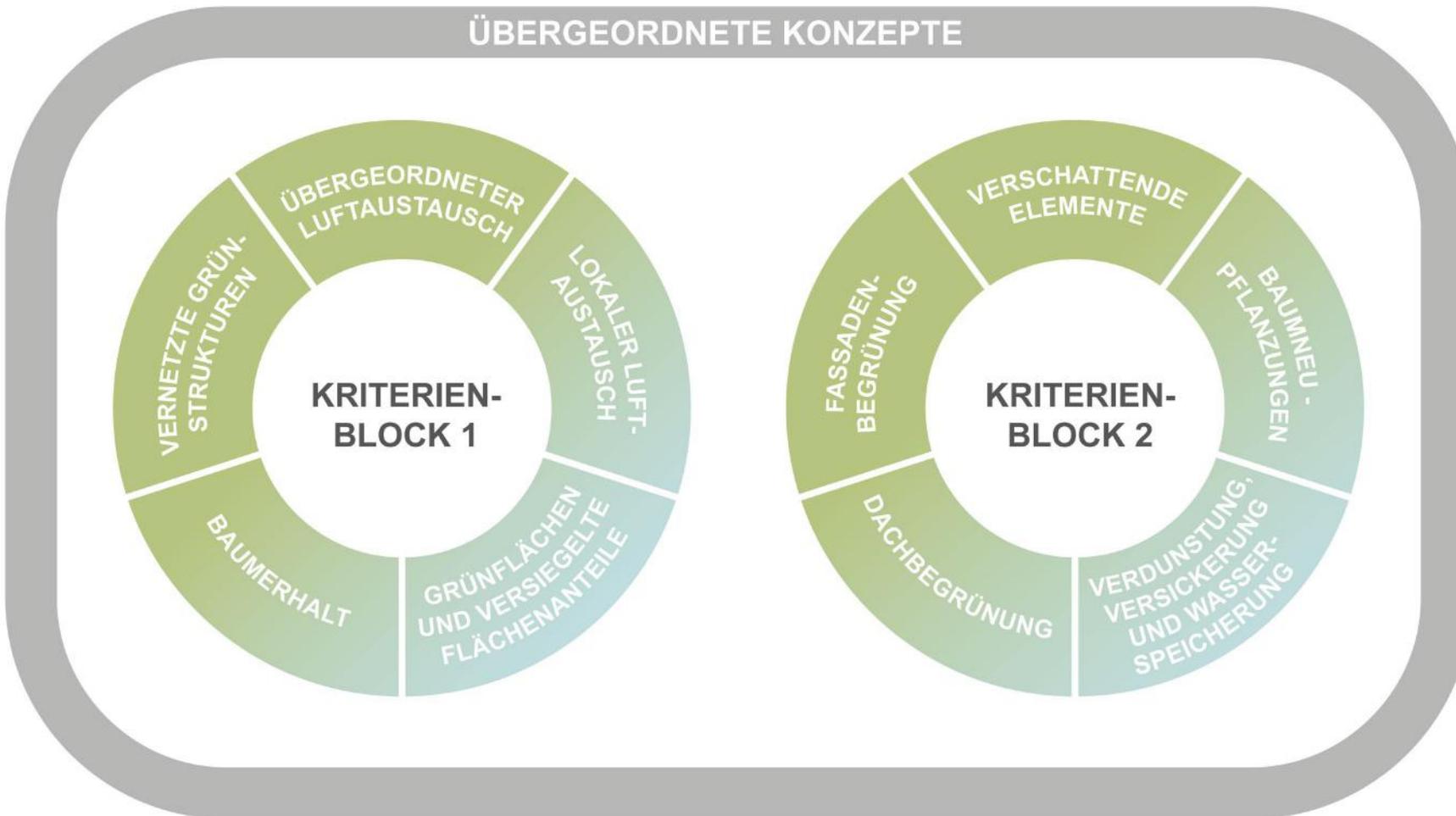
Drei Themenfelder mit elf Beurteilungskriterien:

- Grüne Infrastruktur
- Durchlüftung
- Wassersensible Stadtentwicklung



Neue Standards

Unterteilung der Kriterien nach „Phasengerechtigkeit“



- Übergeordnete Konzepte
- 1. Block: Kriterien mit hohem Flächenanspruch
- 2. Block: Kriterien mit geringerem Flächenanspruch

Anwendung der Kriterien

BAUMERHALT



Großbäume regulieren durch Verdunstung und Verschattung das lokale Mikroklima besonders effektiv und weisen zudem einen hohen Mehrfachnutzen auf (u. a. Bereitstellung von Lebensraum, Steigerung von Aufenthaltsqualität, Speicherung von CO₂). Da sich eine äquivalente Klimaregulationsleistung von Großbäumen nur langfristig (bei guten Wuchsbedingungen mehrere Jahrzehnte) durch Neupflanzungen ersetzen lässt, sollte vitaler Altbaumbestand immer erhalten werden.



Allgemeine Beschreibung des Kriteriums



WICHTIGE VORAUSSETZUNGEN



WICHTIGE ZEITFENSTER



ZU PRÜFENDE ASPEKTE IM ENTWURF



BEWERTUNG

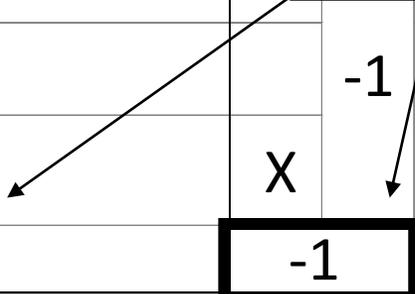
Bewertungsmatrix

Kriterium erfüllt	<ul style="list-style-type: none">• Kriterium wurde gut oder sehr gut beachtet und umgesetzt.• Es besteht maximal ein geringer Verbesserungsbedarf.	→ 1 Punkt
Kriterium teilweise erfüllt	<ul style="list-style-type: none">• Ansätze sind vorhanden, aber nicht ausreichend dargestellt (z. B. nur grafisch oder nur textlich).• Kriterium wurde beachtet, aber teilweise fehlerhaft oder falsch umgesetzt.• Verbesserungsbedarf ist vorhanden.	→ 0 Punkte
Kriterium nicht erfüllt	<ul style="list-style-type: none">• Kriterium wurde nicht beachtet.• Maßnahmen haben ggf. negative Folgen für die Klimaanpassung.• Es besteht erheblicher Verbesserungsbedarf.	→ -1 Punkt

Bewertungsmatrix

		Bauvorhaben: Neubau / Sanierung			Entwurf 0001		Entwurf 0002	
Kriterienblock 1		Bewertungsvorschlag	Gewichtungs- faktor	Bewertung	Anmerkungen	Bewertung	Anmerkungen	
Lokaler Luftaustausch	<p>Der lokale kleinräumige Luftaustausch sorgt für einen Ausgleich zwischen überhitzten Siedlungs- und Asphaltflächen und kühleren Grünflächen im Quartier. Er hat somit eine entscheidende mikroklimatische Wirkung und vor allem für die nächtliche Abkühlung eine hohe Bedeutung.</p> <p>Geschlossene Gebäudestellungen oder hohe Lärmschutzwände stellen mögliche Hindernisse für den lokalen Luftaustausch dar. Insbesondere die Struktur, die Anordnung der Gebäude und die bauliche Dichte nehmen einen entscheidenden Einfluss auf den lokalen Luftaustausch und das Mikroklima. Geschlossene Strukturen führen dazu, dass erwärmte Luft nicht abfließen kann und die nächtliche Abkühlung im Quartier eingeschränkt wird.</p>	Gebäude sind so angeordnet, dass Öffnungen zu Grünflächen und Kaltluftachsen bestehen. Weitere Hindernisse für lokale Durchlüftung werden vermieden.	2	X				
		Einzelne Elemente blockieren den lokalen Luftaustausch. Eine Optimierung ändert den Entwurf nicht grundlegend.			2	X	0	
		Lokaler Luftaustausch wurde nicht beachtet, eine Optimierung ändert die Gebäudestellung oder den Entwurf grundlegend.						
Kriterienblock 2		Bewertungsvorschlag	Gewichtungs- faktor	Bewertung	Anmerkungen	Be		
Dachbegrünung	<p>Dachbegrünungen wirken sich durch ihre Verdunstungsleistungen positiv auf den natürlichen Wasserhaushalt in Städten aus. Durch den Rückhalt von Niederschlagswasser können, je nach Substrat-höhe, Spitzenabflüsse bei Extremwetterereignissen verringert werden. Abhängig von Art und Gestaltung des Dachs liegt der Fokus auf unterschiedlichen Zielen.</p> <p>Dachflächen stellen also zusätzlich zu bodengebundenen Maßnahmen ein großes, noch meist ungenutztes Potenzial dar, um urbane Räume klimaangepasster zu gestalten.</p>	Maßnahmen sind vorhanden und gut ausgearbeitet, ggf. wurde der Zielwert der Auslobung eingehalten, geplante Dächer weisen einen hohen Wert für Bewohner:innen oder die Ökologie auf.	1	X				
		Maßnahmen sind vorhanden, ggf. wurde der Zielwert der Auslobung nicht erreicht, hauptsächlich wurden extensive Dächer mit geringem Wert für die Ökologie oder Nutzer:innen geplant.			1			-1
		Maßnahmen sind nicht geplant.					X	
Punktesumme				3		-1		

Vergleich der Entwürfe über Punktzahl



Baumbilanz

Klassifizierung der Bäume nach Beitrag zur Klimaanpassung

- unbedingt erhaltenswert
- erhaltenswert
- ersetzbar
- zu ersetzen

→ Berechnung Bilanzwert im Verhältnis zum Bestandwert

Kriterien	unbedingt erhaltenswert		erhaltenswert		Summe der gewichteten Werte
	Anzahl	Faktor	Anzahl	Faktor	
		10		5	
Bestand	20	200	20	100	300
Erhalt	17	170	18	90	260
Fällung	3	-30	2	-10	-40
Bilanz					220
Verhältnis Bilanzwert/Bestandwert					73%

Kenngroße zum Vergleich der Entwürfe

Weitere Instrumente in den Broschüren

- Städtebauliche Sanierungsmaßnahmen
- Wettbewerbe
- Flächennutzungsplan
- Leitlinien und Konzepte
- Rahmenpläne und Strukturkonzepte

<https://www.lss.ls.tum.de/lapl/forschung/gruene-stadt-der-zukunft/publikationen/>



Fazit

Wie werden
Kommunen
klimaresilient?



Wie werden Kommunen klimaresilient?

**Standards entwickeln
und anwenden –
Beurteilungskriterien!**

**Informelle und formelle
Instrumente klimaorientiert
einsetzen**

**Mobilitätswende
vorantreiben!**

**Recht mutig
weiterentwickeln**

**Frühzeitige, konsistente und
ganzheitliche Berücksichtigung
klimaorientierter Belange**

**Klimaanpassung und
Klimaschutz als Pflichtaufgabe
mit finanzieller Unterstützung**

**ALLE haben
TRANSFORMATIONS-
VERANTWORTUNG!**



Anleitung und Anlagen zum Download



Verfügbare Anlagen:

- Bewertungsmatrix
- Baumbilanz
- Flächenbilanz
- Textbausteine



<https://www.cee.ed.tum.de/enpb/gsdz/>

Broschüren und Fact Sheets

<https://www.lss.ls.tum.de/lapl/forschung/abgeschlossene-projekte/gruene-stadt-der-zukunft/publikationen/>

<https://gruene-stadt-der-zukunft.de/>



F+E Phase:
Broschüre und
Factsheets



Umsetzungsphase: Leitfäden, Checklisten und Steckbriefe
+ Handreichungen für den Austausch/eigene Workshops

Herzlichen Dank!



IÖW / V. Haese