

A circular inset image showing a modern residential building with a prominent red facade and balconies. The building is surrounded by lush greenery, including trees and a grassy area. The image is framed by a green circular border.

# Urbane grün-blaue Infrastruktur

**Renaturierung und natürliche Lösungen im Klimawandel**

**Prof. Dr. Stephan Pauleit**

Strategie und Management der Landschaftsentwicklung  
Technische Universität München



# STÄDTE SIND HOTSPOTS DER UMWELTKRISE

Degradierung von natürlichen Ressourcen, Verluste von Biodiversitäts und Ökosystemleistungen

Hitzewellen, Trockenheit, Stürme und Sturzregen, Hochwassergefahren

Dichte Bebauung, Konzentration von Menschen und Infrastrukturen

70% der anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Städten





# KLIMAWANDEL FOLGEN

Hitzetage von 1981-2010:  $\emptyset$  8,4 | 2100: ca. 44?

Tropische Nächte: heute  $\emptyset$  4 | 2060: ca. 14?

Quelle: GEO NET (2014): Stadtklimaanalyse Landeshauptstadt München



**Bevölkerungswachstum in München (Prognose):**

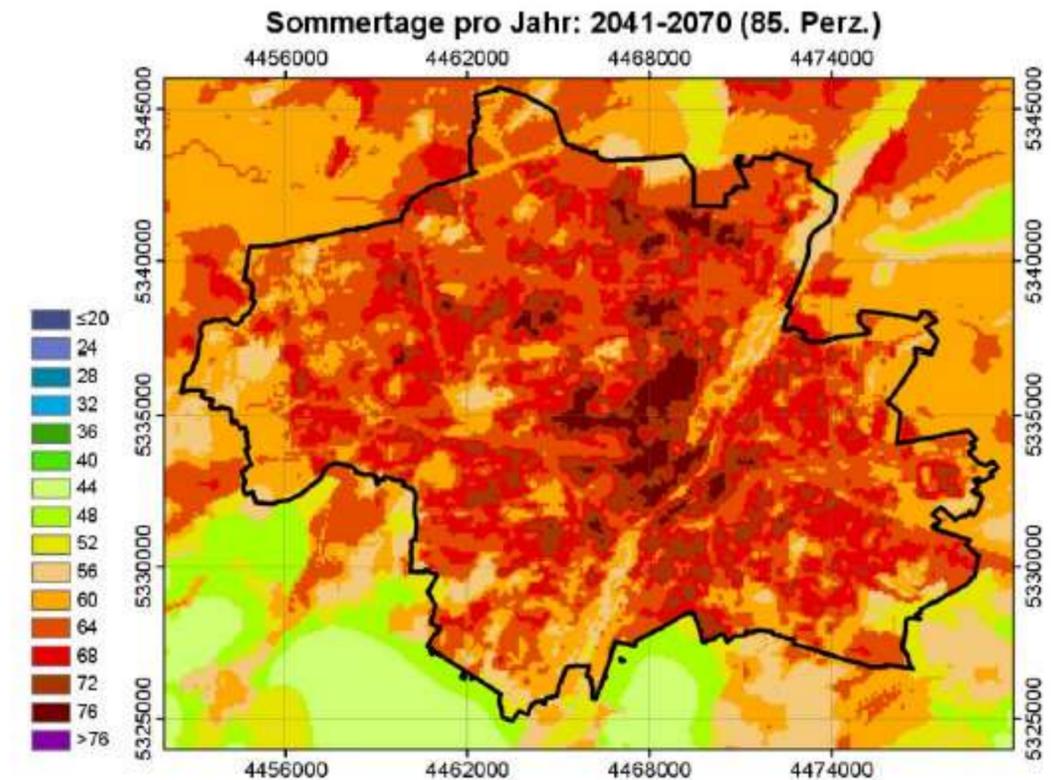
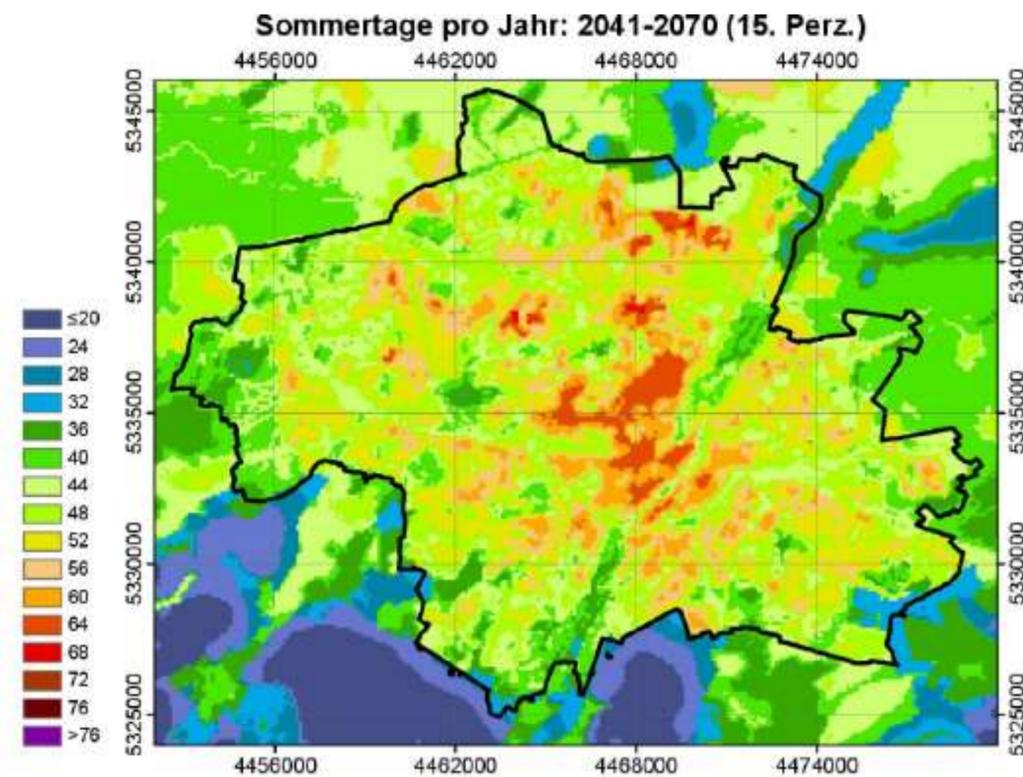
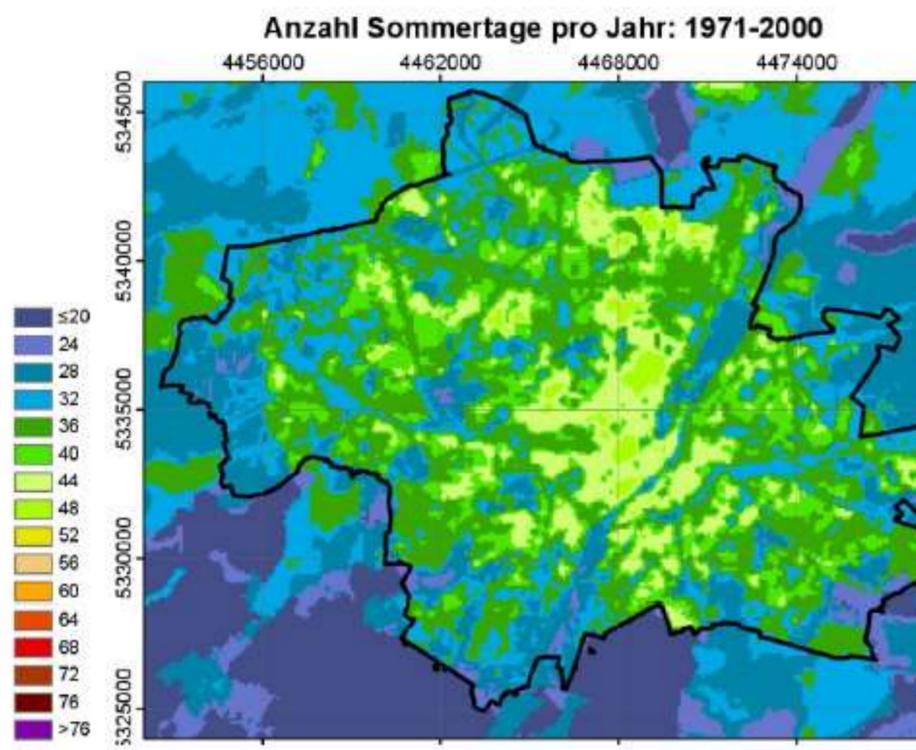
**Wachstum 2019 bis 2040: + 16%**

Quelle: <https://stadt.muenchen.de/infos/bevoelkerungsprognose.html>



# ENTWICKLUNG DER ANZAHL AN SOMMERTAGEN

Anzahl der Sommertage ( $T_{a \max} > 25 \text{ °C}$ ) verdoppelt sich annähernd im  
Stadtzentrum von München



Mühlbacher et al. 2020



# RENATURIERUNG ALS LÖSUNGSANSATZ?



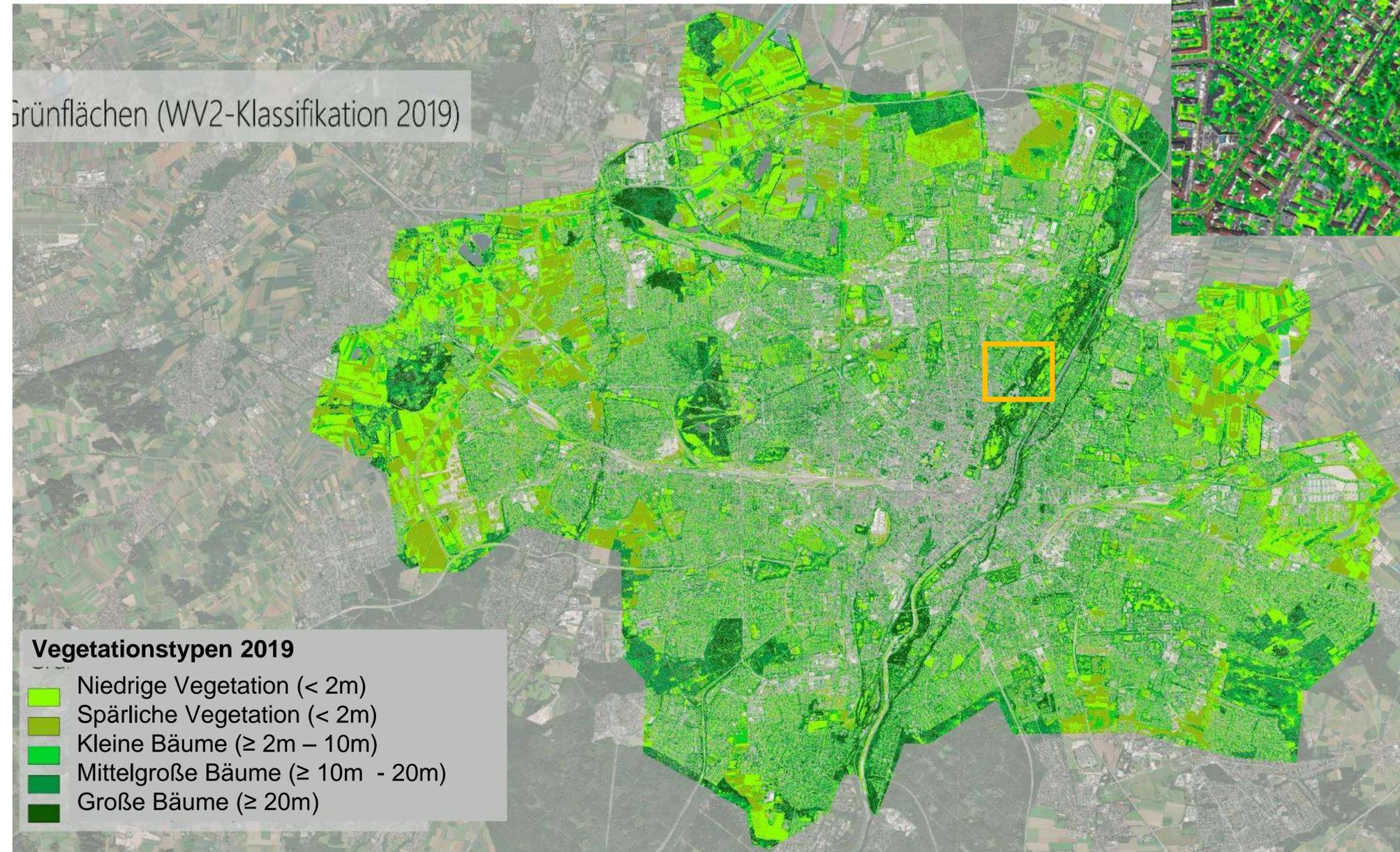
**Urbane grüne Infrastruktur:  
ein Netzwerk aus natürlichen,  
naturnahen und gestalteten Flächen  
mit vielfältigen Ökosystemleistungen**

Illustration: Hansen et al. 2018

**POTENTIAL STADTNATUR**



# VEGETATIONSBEDECKUNG IN MÜNCHEN: ca. 60 %



Die urbane grüne Infrastruktur kann aus **allen Arten von Grün- und Freiflächen sowie Wasserflächen** in Städten bestehen\*

Kühnl et al. 2020, Hansen et al. 2018



# > 30-40 % GRÜNANTEIL: ZAHL DER TAGE MIT EXTREMEM HITZESTRESS HALBIERT

Würzburg 2018-2020

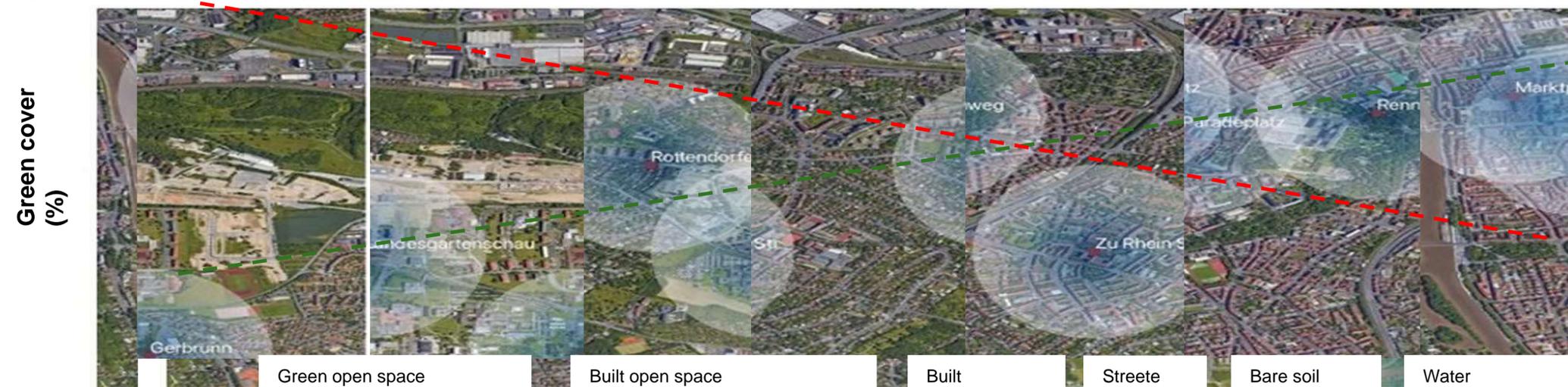
Europäische Studie 2015, 93 Städte\*:

6700 vorzeitige Todesfälle durch städtische Wärmeinsel (4,33 % der Todesfälle im Sommer)

Erhöhung des Baumanteils von 15% auf 30 %:  
- 2644 Todesfälle (- 39 %)



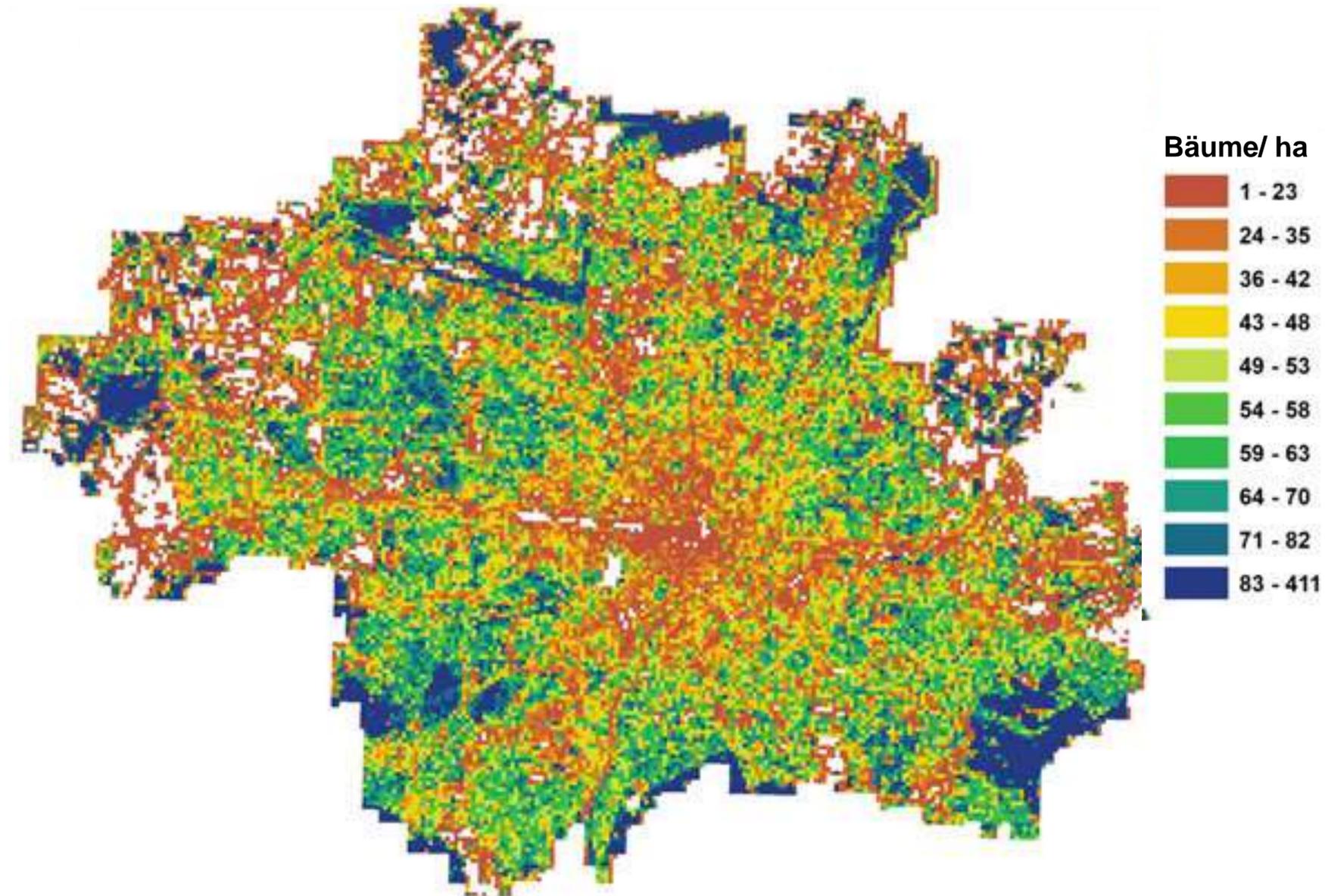
a



Rahman et al. 2022, \*Jungman et al. 2023



# 1,5 MILLIONEN BÄUME IN MÜNCHEN: EIN BAUM – EIN EINWOHNER!



## Die 3-30-300 Regel\*:

- 3 Bäume von jedem Haus aus zu sehen
- 30 Prozent Baumanteil in jedem Viertel
- 300 Meter bis zur nächsten öffentlichen Grünfläche

\* Konijnendijk van den Bosch 2021, Abbildung: Pauleit et al. 2022



# WAS LEISTEN BÄUME FÜR DIE STADT?

## 80 Jahre alte Winterlinde

Transpiration 48 m<sup>3</sup>

→ 320 Badewannen

Kühlleistung 32667 kWh

→ 208 Kühlschränke

CO<sub>2</sub> Speicherung 160 kg

→ 1140 km Autofahrt

O<sub>2</sub> Erzeugung 88.963 l

→ 101 Tage O<sub>2</sub> Verbrauch  
von einem Menschen

**20 Jahre alte Winterlinde:  
1/10 der Leistungen!**



### Leitfaden für Stadtbäume in Bayern

Handlungsempfehlungen aus dem Projekt  
Stadtbäume – Wachstum, Umweltleistungen  
und Klimawandel



T Rötzer et al. 2020

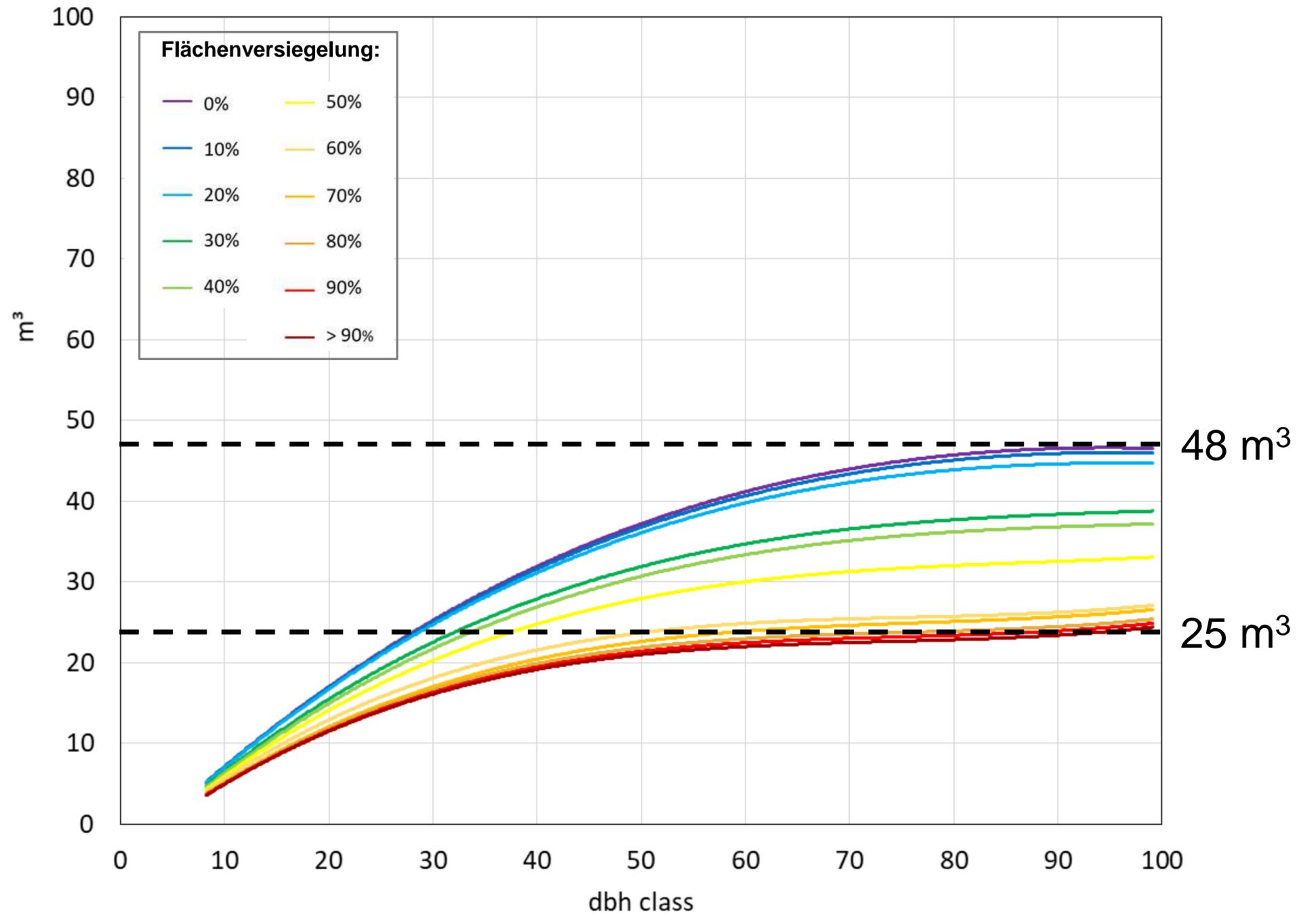


# FLÄCHENVERSIEGELUNG VERRINGERN

Winterlinde – *T. cordata*



### Jährliche Zunahme des Konenvolumens

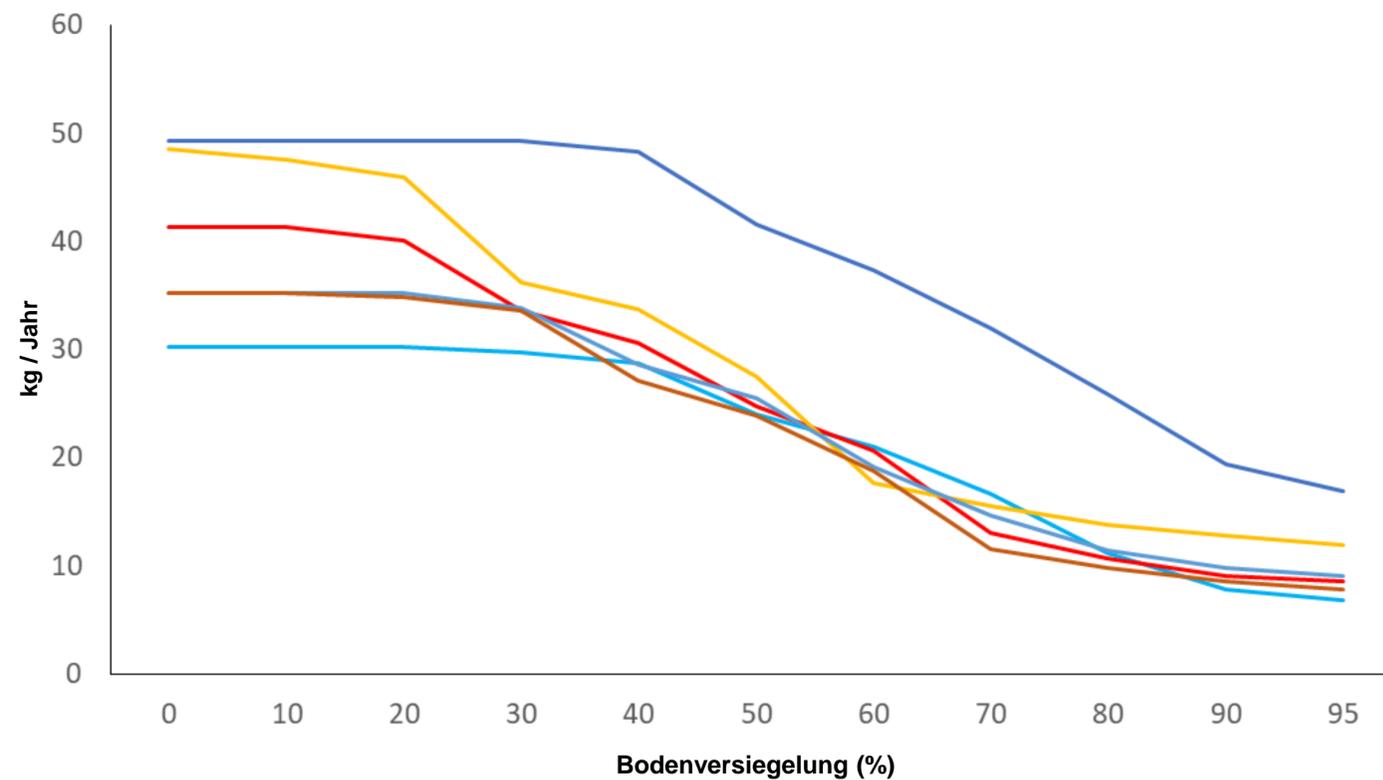




# BAUM IST NICHT BAUM

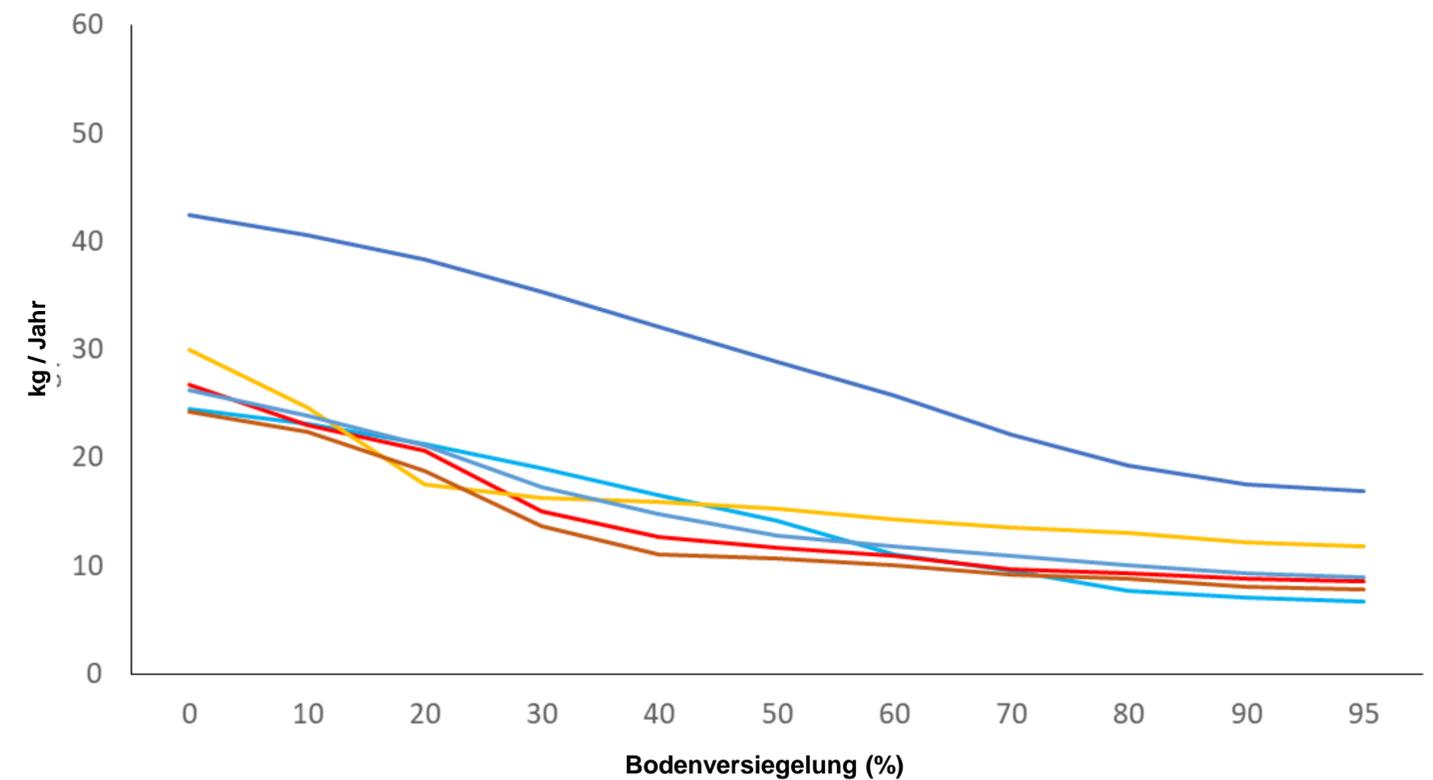
## Biomassezuwachs von sechs Baumarten

### Stadt: München



- Robinie (Robinia pseudoacacia)
- Buche (Fagus sylvatica)
- Roßkastanie (Aesculus hippocastanum)
- Eiche (Quercus robur)
- Winterlinde (Tilia cordata)
- Hainbuche (Carpinus betulus)

### Stadt: Würzburg

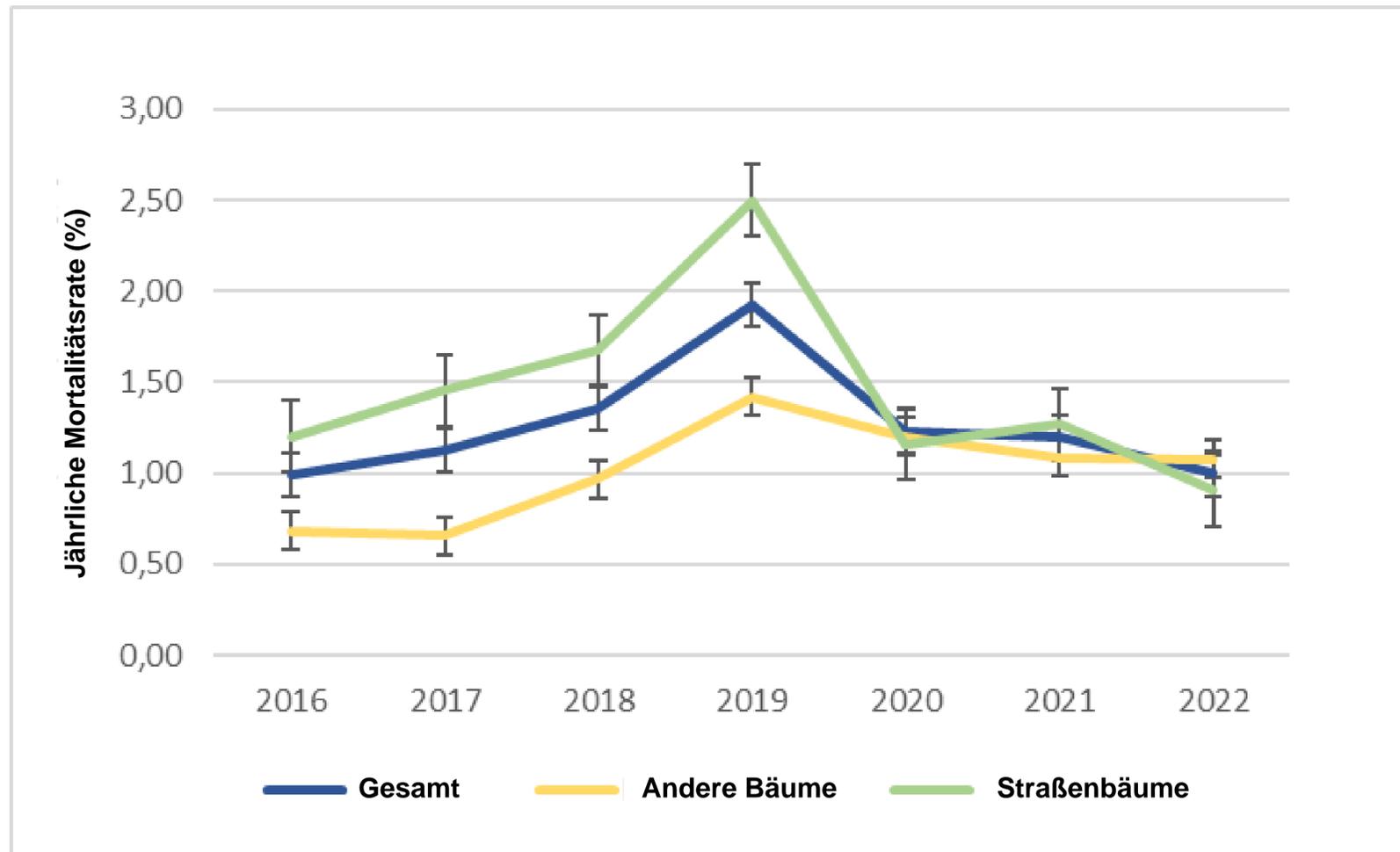


- Robinie (Robinia pseudoacacia)
- Buche (Fagus sylvatica)
- Roßkastanie (Aesculus hippocastanum)
- Eiche (Quercus robur)
- Winterlinde (Tilia cordata)
- Hainbuche (Carpinus betulus)

Zeitraum 1990-2020; Bodenart: lehmiger Sand; Durchmesserklasse: 50-60 cm



# MORTALITÄT VERRINGERN



	Mortalität	100 Bäume	
	∅ / Jahr in %	verbliebene Bäume nach: 50 J.	80 J.
<b>Gesamt</b>	1,26	53	36
<b>Straße</b>	1,45	48	31
<b>Andere</b>	1,01	60	45

Datengrundlage: 1,34 Millionen Bäume  
in fünf deutschen Großstädten

# ANPASSUNG DURCH GRÜNE INFRASTRUKTUR



# POTENTIALE GRÜNER INFRASTRUKTUR

## Maxvorstadt, München



ZSK 2018



# TRANSFORMATION DER FREIRÄUME

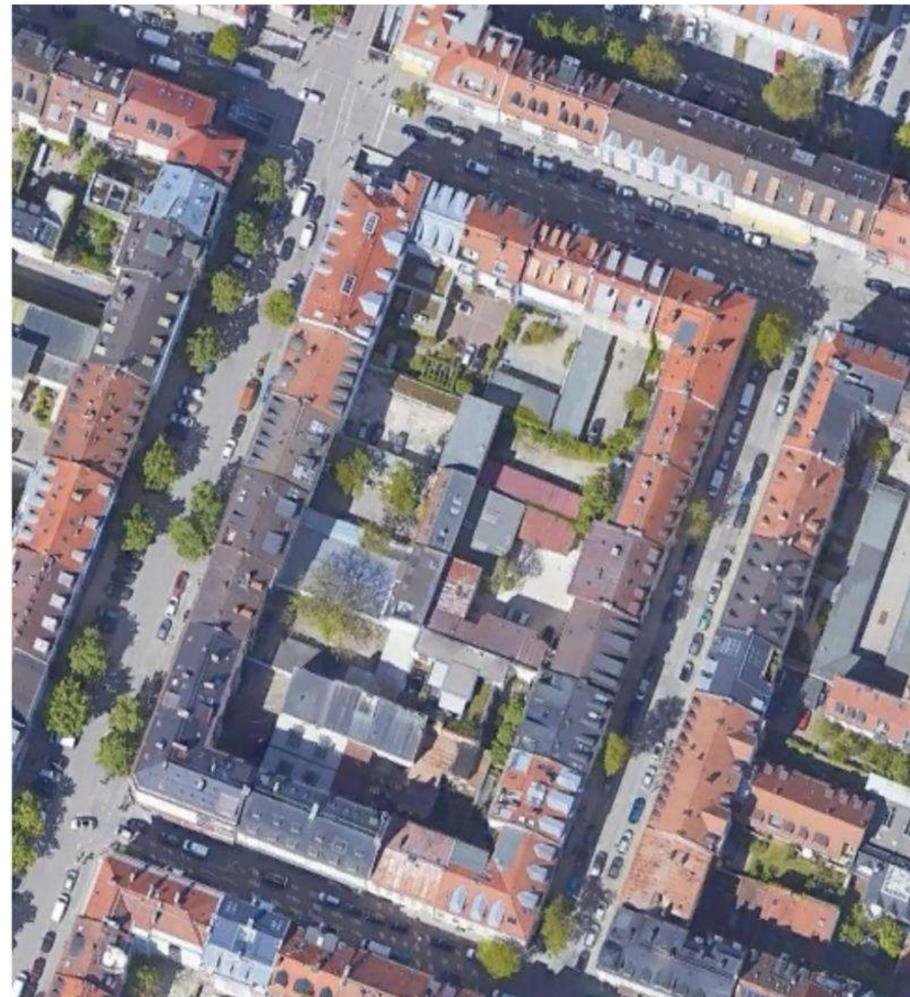
Heute Anteil Grün: 9%

2050 Anteil Grün: 38%

Bäume: ca 20-25%

MÜNCHEN 3

ABENDZEITUNG DONNERSTAG, 29. JUNI 2023 WWW.ABENDZEITUNG.DE



Die Maxvorstadt heute (links die Augusten-, oben die Theresien-, unten die Steinheilstraße) hat nur neun Prozent Grünanteil. Um für Hitzesommer gerüstet zu sein, müsste sich der Grünanteil auf 25 Prozent mehr als verdoppeln. Ein Großteil wären neue Baumpflanzungen in den Straßen (Grafik rechts). Obendrein könnten viele Innenhöfe entsiegelt und Dächer begrünt werden. Abbildungen: Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung (ZSK)



ZSK 2018

## „Univiertel? Bäume verdoppeln!“



# TRANSFORMATION DER FREIRÄUME

Von der autogerechten Stadt ...

... zu 'Shared Spaces'



Photo: ZSK 2018, Illustration: V. Haase, IÖW



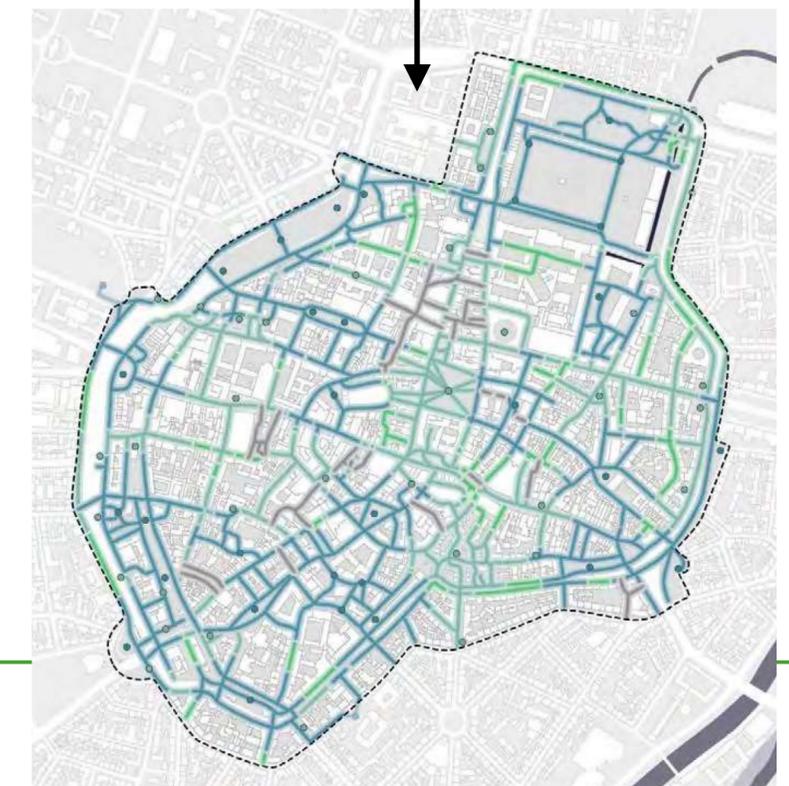
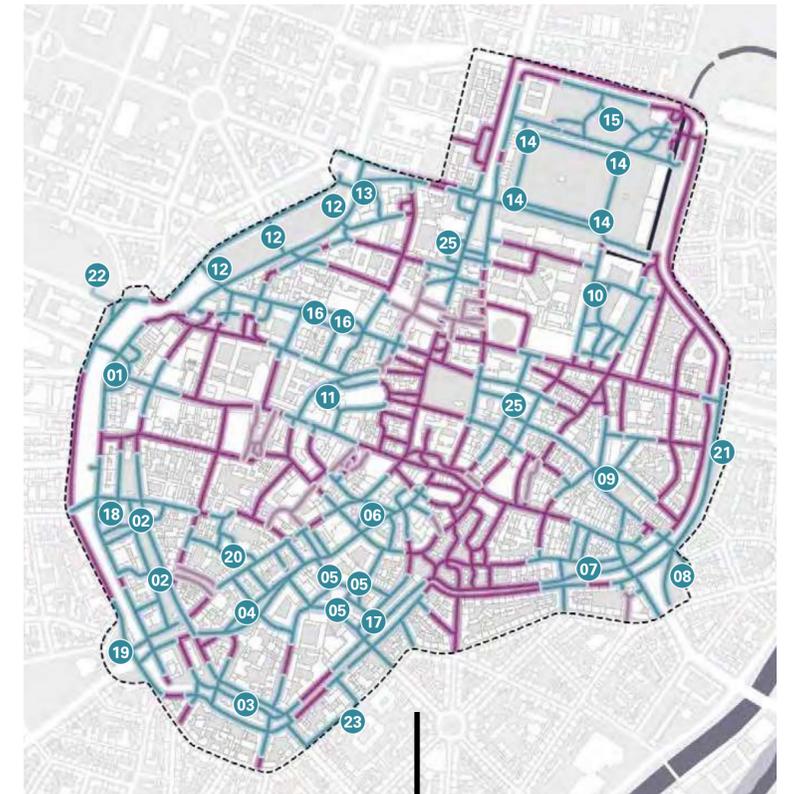
# GRÜNE NETZWERKE: 150M-RASTER BESTAND

**Gutachten:**

**Integration von klimaresilienten Grün- und Freiraumstrukturen in die historische Münchner Altstadt**

“In der Münchner Altstadt ist innerhalb einer **Entfernung von etwa 150 Meter ...** ein geschützter bzw. kühler Freiraum für alle Nutzer\*innen erreichbar.”

mahl gebhard konzepte, Pauleit und Hild 2023





# URBANE KLIMAAANPASSUNG FÜR GRÜNE QUARTIERE



## Grüne Stadt der Zukunft

Quartiere, Gebäude und Freiflächen klimaresilient planen

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

[www3.ls.tum.de/lapl/forschung/gruene-stadt-der-zukunft/publikationen/](http://www3.ls.tum.de/lapl/forschung/gruene-stadt-der-zukunft/publikationen/)

**UMSETZUNG**



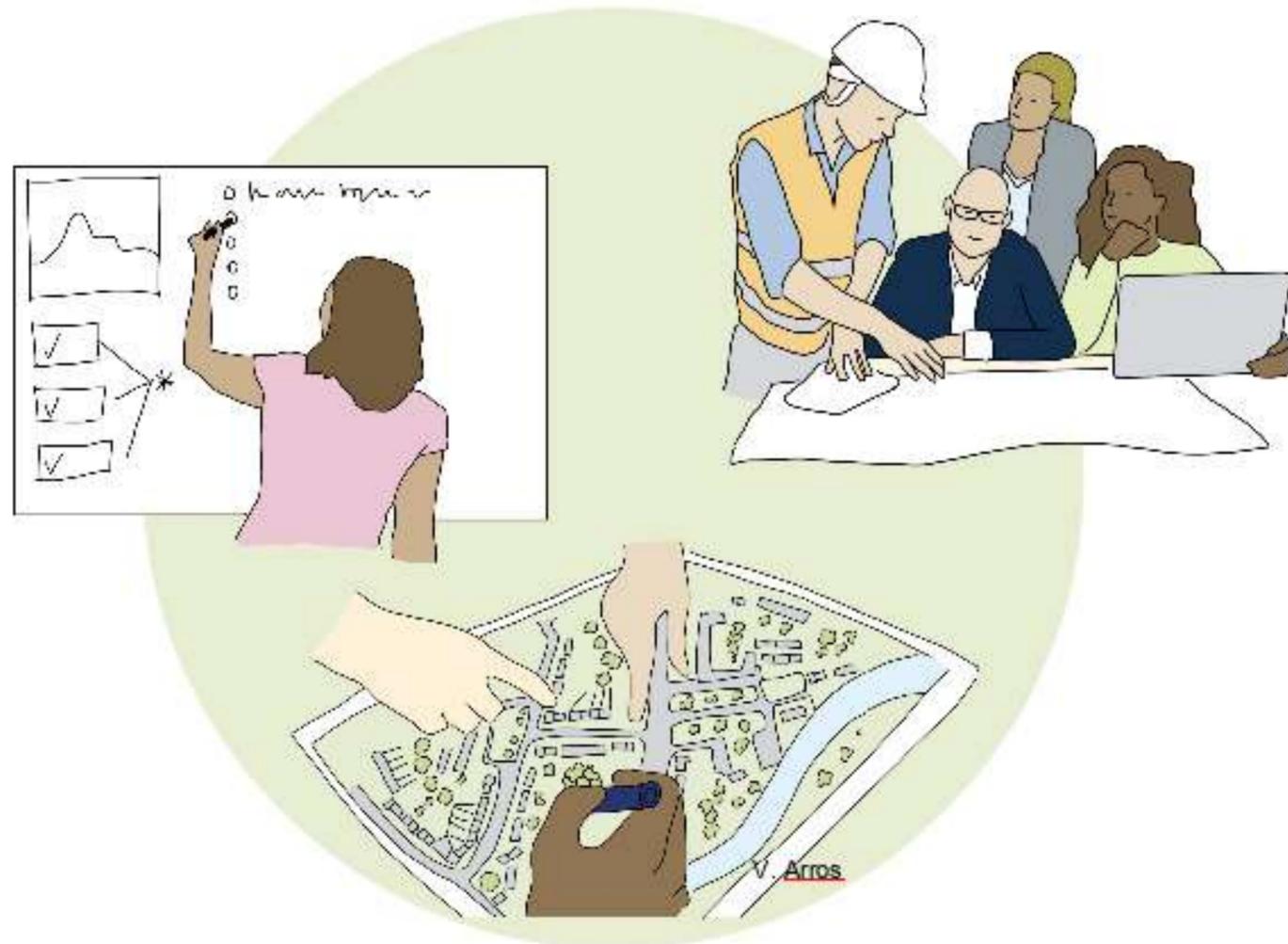
# ES GIBT NICHT DIE EINE STELLSCHRAUBE



Linke et al. 2021



# OPTIMIERTE NUTZUNG VON PLANUNGSINSTRUMENTEN



## Formelle und informelle Instrumente (Auswahl):

- Leitlinien und Konzepte
- Rahmenpläne und Strukturkonzepte
- Städtebaulich-landschaftsplanerische Wettbewerbe
- Bauleitplanung (FNP und B-Plan)
- Städtebauliche Sanierungsmaßnahmen

Linke et al. 2021



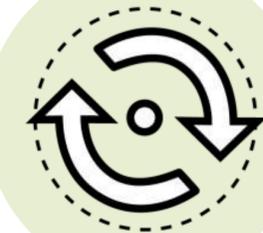
# UMSETZUNG IN DIE PLANUNGSPRAXIS



**Frühzeitig**



**Ganzheitlich**



**Konsistent**

Linke et al. 2021



# ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

**Strategisch geplante Grüne Infrastruktur kann Hitze und Starkregen regulieren; Bäume!**

**Dreifache Innenentwicklung als oberstes Gebot**

**Informelle und formelle Instrumente klimaorientiert einsetzen**

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

**Klimaanpassung und auch Klimaschutz müssen zum Schwerpunkt in der Stadt- und Freiraumplanung werden!**



LHM.



# HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

**Grüne Infrastruktur zur kommunalen Pflichtaufgabe machen und im LEP verankern**

**Personelle Kapazitäten der Fachbehörden und Behördenkooperation ausbauen**

**Bevölkerung und Wirtschaft umfassend einbeziehen**

**Flächenversiegelung stark einschränken  
Grünkennwerte festsetzen**

**Gesetzgebung und Regelwerke anpassen**



# CITIES AS LIVING SYSTEMS

Urban Green Infrastructure: Training Next Generation Professionals for Integrated Urban Planning Research

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft

<https://www.gs.tum.de/grk/ugi/>

## Quellenangaben

- ✓ Blum P., Böhme C., Kühnau C., Reinke M., Willen L., 2023. Stadtnatur erfassen, schützen, entwickeln: Orientierungswerte und Kenngrößen für das öffentliche Grün. Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): BfN-Schriften 653, Bonn
- ✓ Erlwein S., Pauleit S., 2021. Trade-Offs between Urban Green Space and Densification: Balancing Outdoor Thermal Comfort, Mobility, and Housing Demand. Urban Planning 6(1): 5-19. <https://doi.org/10.17645/up.v6i1.3481>
- ✓ Erlwein S., Zölch T., Pauleit S., 2021. Regulating the microclimate with urban green in densifying cities: Joint assessment on two scales. Building and Environment 205: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108233>
- ✓ GEO-NET Umweltconsulting GmbH, Gross G., 2014. Stadtklimaanalyse Landeshauptstadt München. Auftraggeber: Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt. München
- ✓ Hansen R., Born D., Lindschulte K., Rolf W., Bartz R., Schröder A., Becker C.W., Kowarik I., Pauleit S., 2018. Grüne Infrastruktur im urbanen Raum: Grundlagen, Planung und Umsetzung in der integrierten Stadtentwicklung. Bundesamt für Naturschutz, Bonn, BfN-Skripten 503.
- ✓ Jungman T., Cirach M., Marando F., Pereira Barboza E., Khomenko S., Masselot P., Quijal-Zamorano M., Mueller N., Gasparrini A., Urquiza J., Heris M., Thondoo M., Nieuwenhuijsen M., 2023. Cooling cities through urban green infrastructure: a health impact assessment of European cities. Lancet 401: 577–89. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)02585-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)02585-5)
- ✓ Kühnl M., Leichtle T., Martin K., Taubenböck H., 2020. Grünflächenkartierung im urbanen Raum am Beispiel München. Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt e.V. (DLR), Sachverständigenbüro für Luftbildauswertung und Umweltfragen (SLU) Presentation given at final presentation of the research project: Alles im grünen Bereich – Erdbeobachtung für ein nachhaltiges Grünflächenmanagement, awarded by Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin
- ✓ Linke S., Putz A., Bauer A., Brasche J., Dehnhardt A., Erlwein S., Lang W., Langer K., Meier-Dotzler C., Pauleit S., Rupp J., Schöpflin M., Timmermann A., Wutz S., Zölch T., 2021. Grüne Stadt der Zukunft. Klimaresiliente Quartiere in einer wachsenden Stadt: Die Planung einer Grünen Stadt der Zukunft. Handlungsmöglichkeiten und Instrumente. Forschungsvorhaben Grüne Stadt der Zukunft, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, Hrsg.: TU München, München. [www3.ls.tum.de/lapl/forschung/gruene-stadt-der-zukunft/](http://www3.ls.tum.de/lapl/forschung/gruene-stadt-der-zukunft/)
- ✓ mahl gebhard konzepte, Pauleit S., Hild A., 2023. Gutachten: Integration von klimaresilienten Grün- und Freiraumstrukturen in die historische Münchner Altstadt. i.A. Landeshauptstadt München, Referat für Stadtplanung und Bauordnung
- ✓ Mühlbacher G., Koßmann M., Sedlmeier K., Winderlich K., 2020. Stadtklimatische Untersuchungen der sommerlichen Temperaturverhältnisse und des Tagesgangs des Regionalwindes („Alpines Pumpen“) in München Berichte des Deutschen Wetterdienstes 252, Offenbach am Main.

## Quellenangaben

- ✓ Rahman M.A., Franceschi E., Pattnaik N., Moser-Reischl A., Hartmann C., Paeth H., Pretzsch H., Rötzer T., Pauleit S., 2022. Spatial and temporal changes of outdoor thermal stress: influence of urban land cover types. Scientific Reports 12: 671, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04669-8>
- ✓ Rötzer T., Reischl A., Rahman M., Pretzsch H., Pauleit S., 2020. Leitfaden zu Stadtbäumen in Bayern. Handlungsempfehlungen aus dem Projekt Stadtbäume – Wachstum, Umweltleistungen und Klimawandel. Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung (Centre for Urban Ecology and Climate Adaptation), Bavarian State Ministry of the Environment and Consumer Protection, Munich, 59 p.  
[https://www.zsk.tum.de/fileadmin/w00bqp/www/PDFs/Leitfaeden/leitfaden\\_stadtbaeume\\_in\\_bayern\\_einzelseiten\\_web.pdf](https://www.zsk.tum.de/fileadmin/w00bqp/www/PDFs/Leitfaeden/leitfaden_stadtbaeume_in_bayern_einzelseiten_web.pdf)
- ✓ Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung (ZSK), 2018. Leitfaden für klimaorientierte Kommunen in Bayern. Handlungsempfehlungen aus dem Projekt Klimaschutz und grüne Infrastruktur in der Stadt am Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung (Verf. Lang W., Pauleit S., Brasche J., Hausladen G., Maderspacher J., Schelle R., Zölch T.). TU München, München.  
[http://www.zsk.tum.de/fileadmin/w00bqp/www/PDFs/Berichte/180207\\_Leitfaden\\_ONLINE.pdf](http://www.zsk.tum.de/fileadmin/w00bqp/www/PDFs/Berichte/180207_Leitfaden_ONLINE.pdf)
- ✓