

A circular inset image showing a modern residential building with a red facade and balconies. The building is surrounded by greenery, including trees and a grassy area. The image is framed by a green 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 CO₂-Emissionen aus Städten





KLIMAWANDEL FOLGEN

Hitzetage von 1981-2010: \bar{x} 8,4 | 2100: ca. 44?

Tropische Nächte: heute \bar{x} 4 | 2060: ca. 14?

Quelle: GEO NET (2014): Stadtklimaanalyse Landeshauptstadt München



Bevölkerungswachstum in München (Prognose):

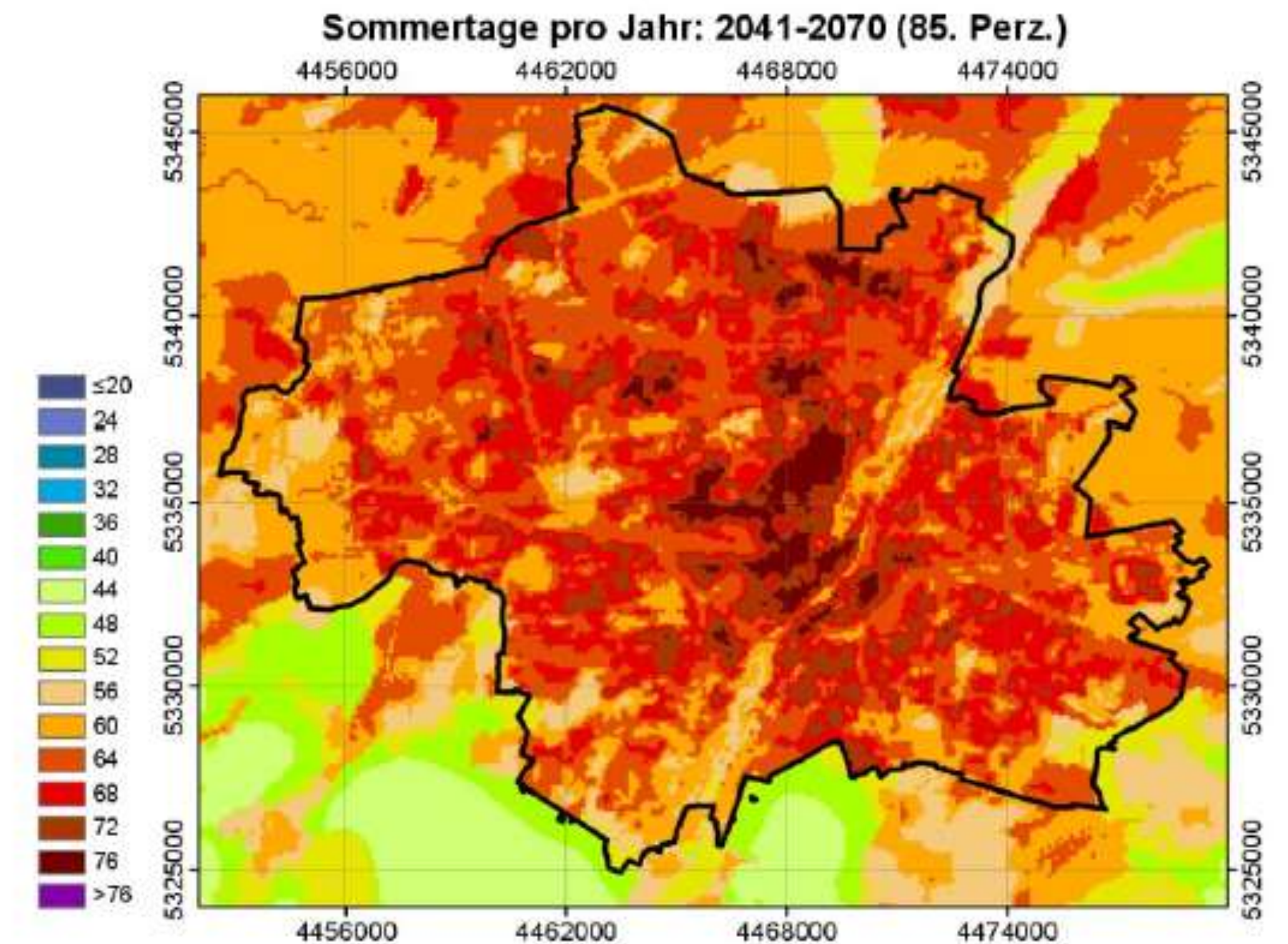
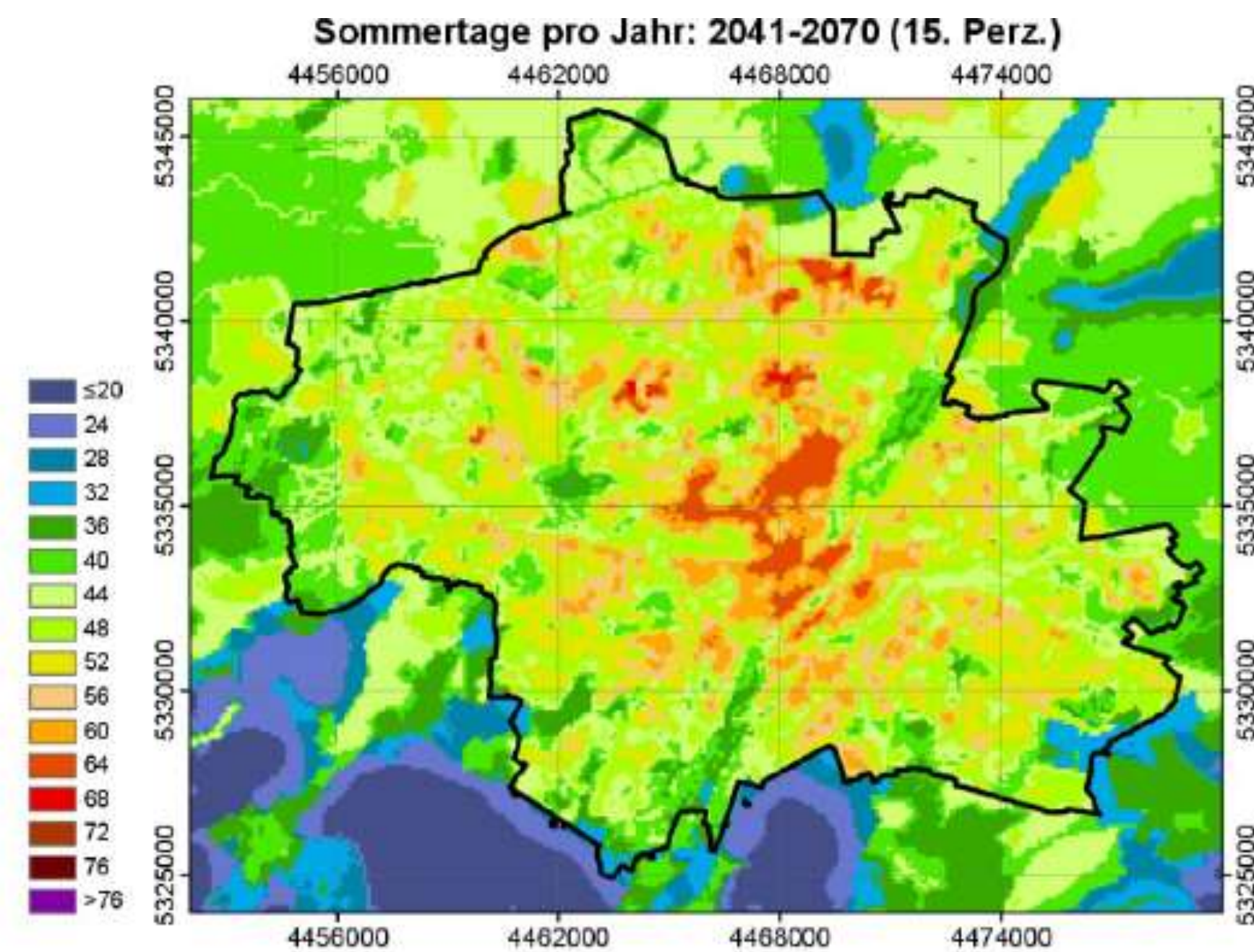
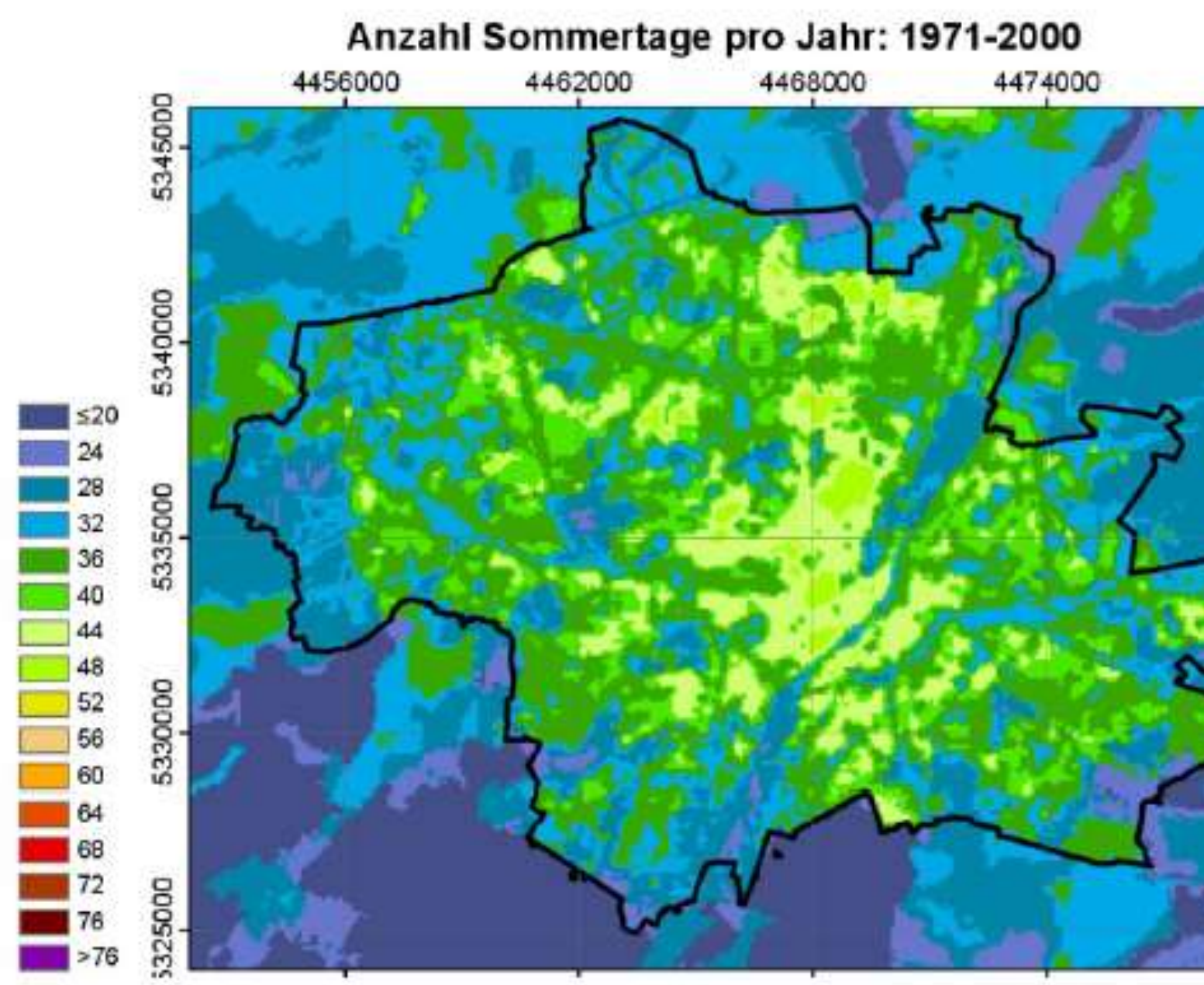
Wachstum 2019 bis 2040: + 16%

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?



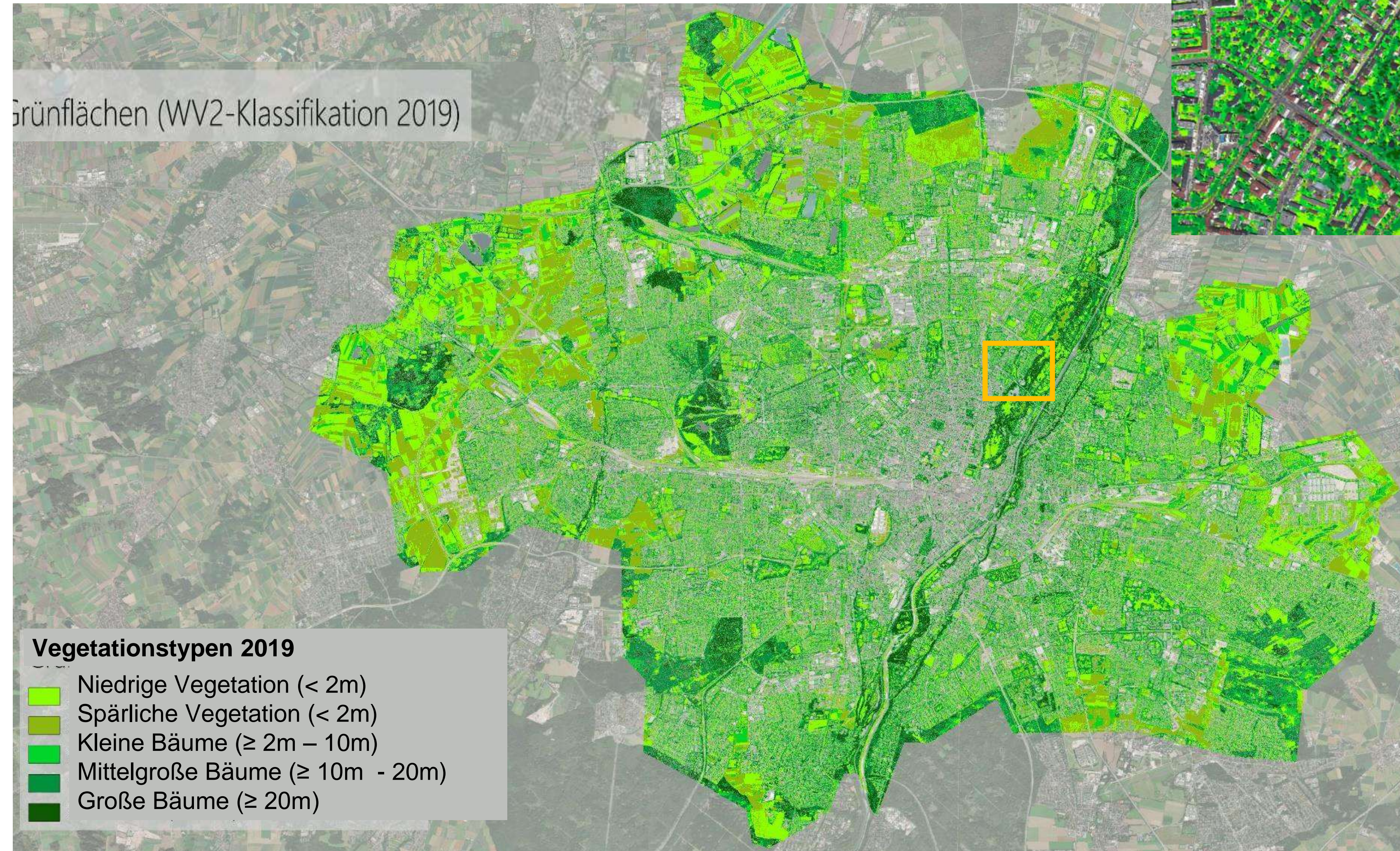
**Urbane grüne Infrastruktur:
ein Netzwerk aus natürlichen,
naturnahen und gestalteten Flächen
mit vielfältigen Ökosystemleistungen**

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

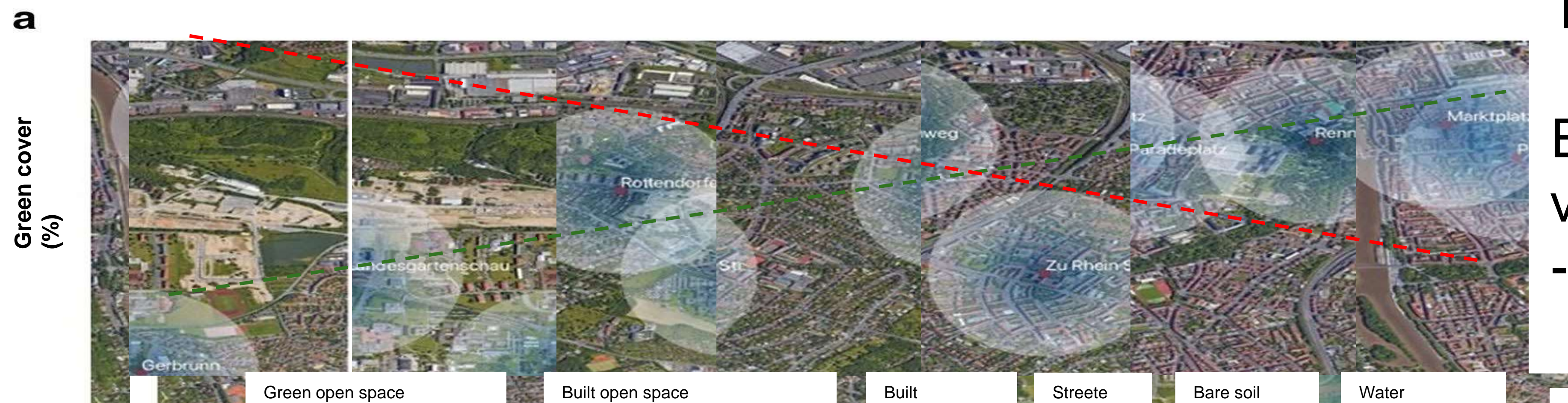


Würzburg 2018-2020

Europäische Studie 2015, 93 Städte*:

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

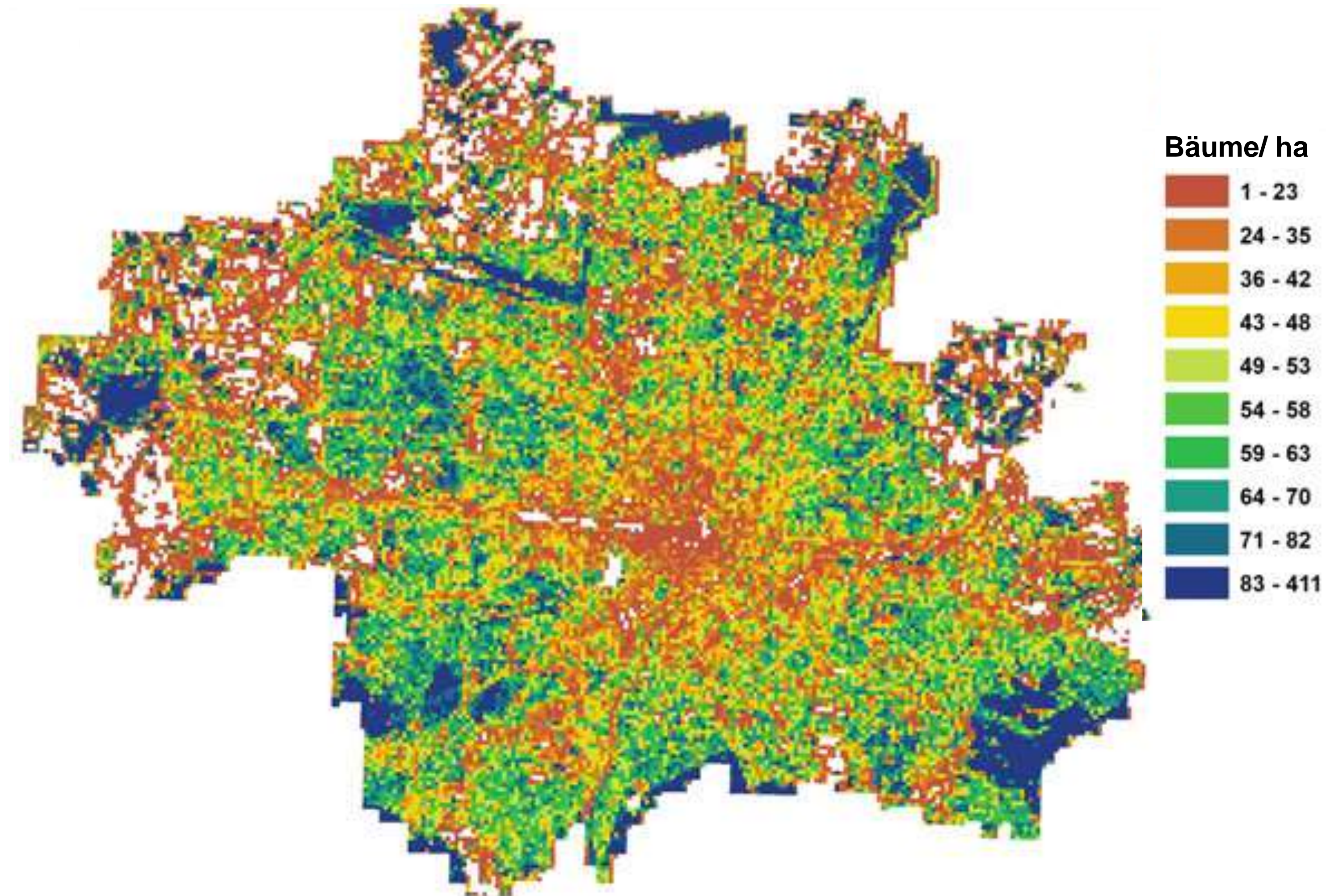
Erhöhung des Baumanteils von 15% auf 30 %:
- 2644 Todesfälle (- 39 %)



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 m³

→ 320 Badewannen

Kühlleistung 32667 kWh

→ 208 Kühlschränke

CO₂ Speicherung 160 kg

→ 1140 km Autofahrt

O₂ Erzeugung 88.963 l

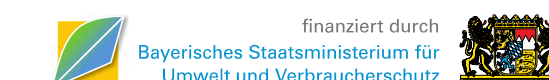
→ 101 Tage O₂ Verbrauch
von einem Menschen

**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

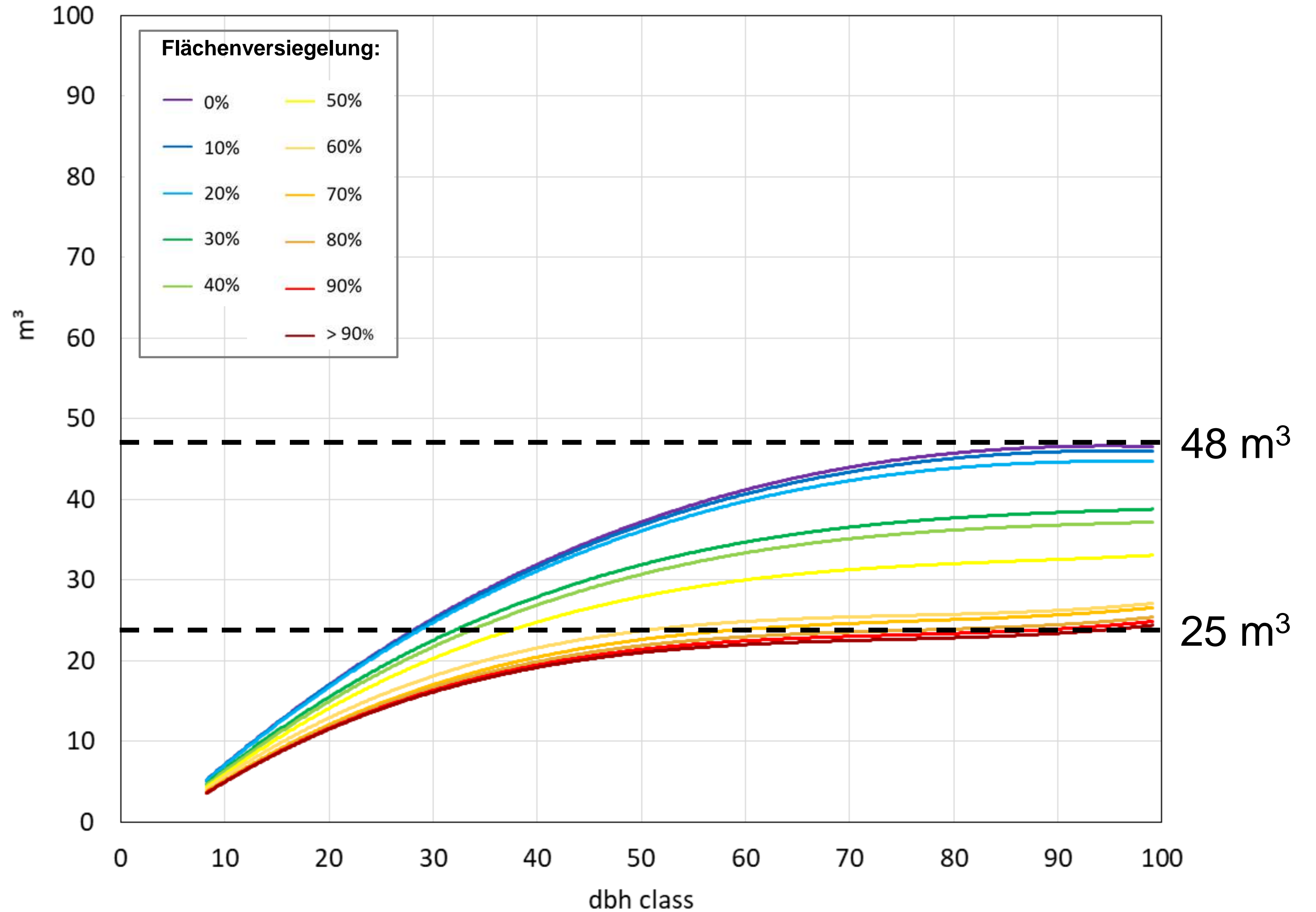


FLÄCHENVERSIEGELUNG VERRINGERN

Winterlinde – *T. cordata*



Jährliche Zunahme des Konenvolumens

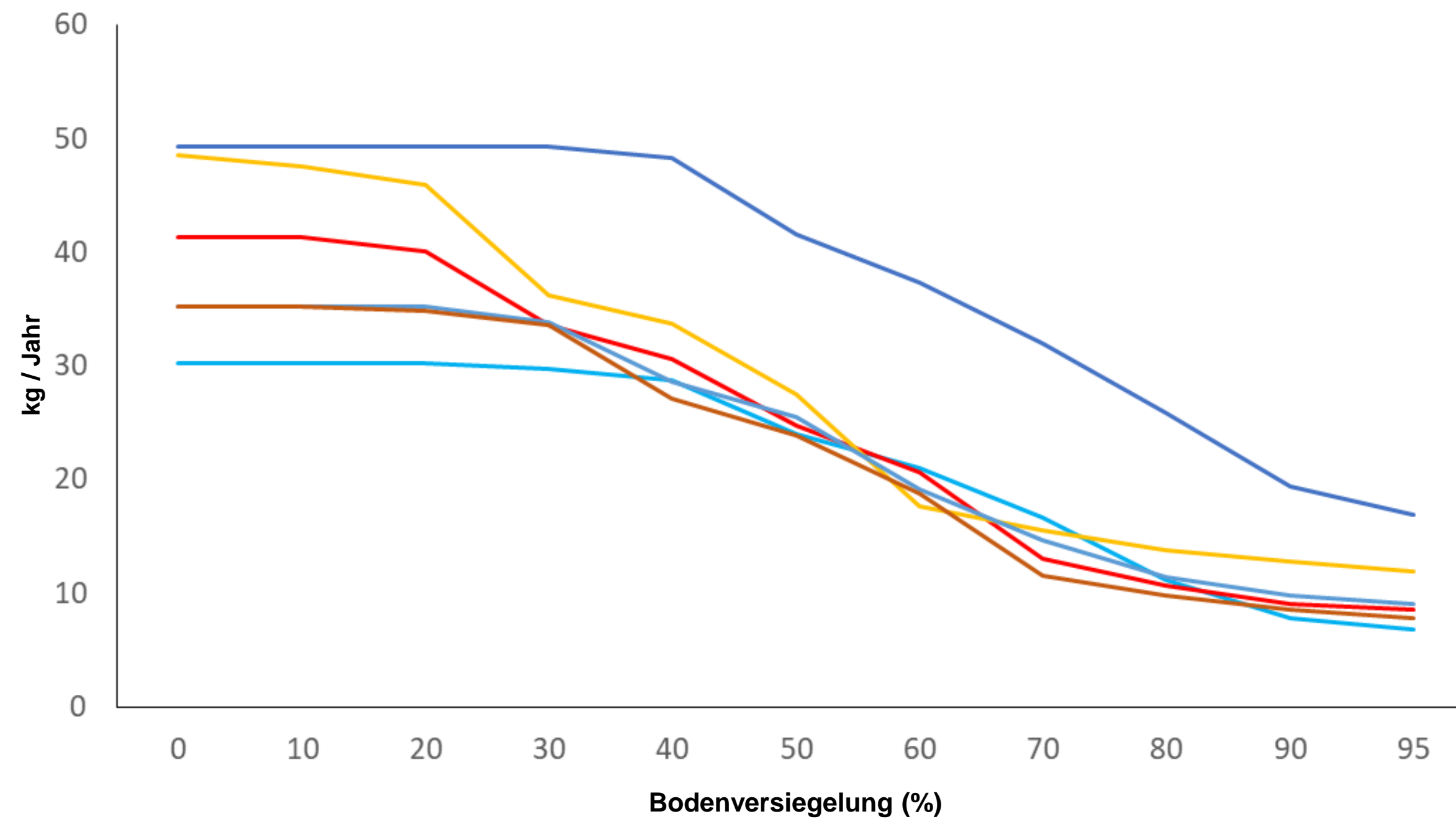




BAUM IST NICHT BAUM

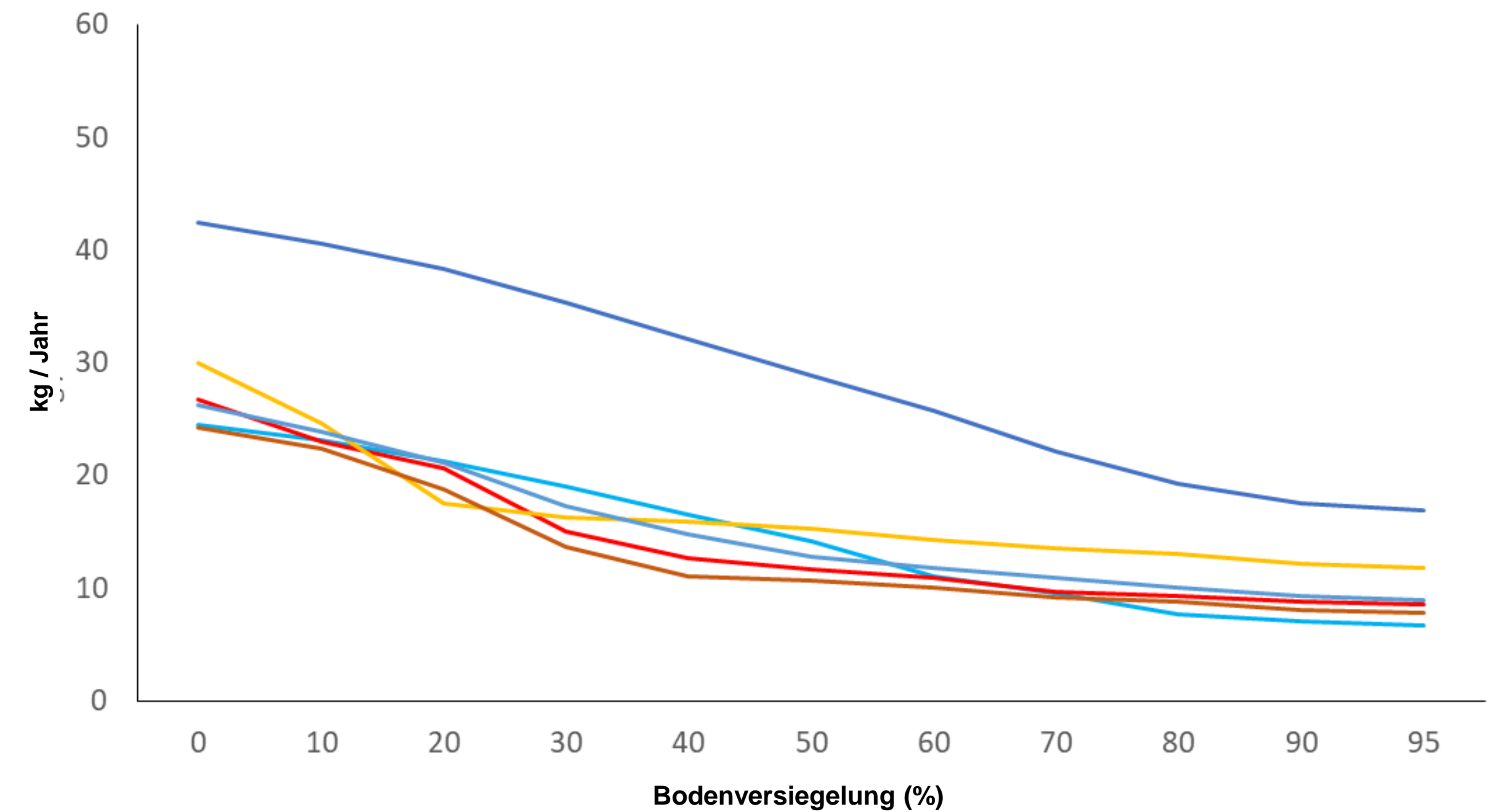
Biomassezuwachs von sechs Baumarten

Stadt: München



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

Stadt: Würzburg

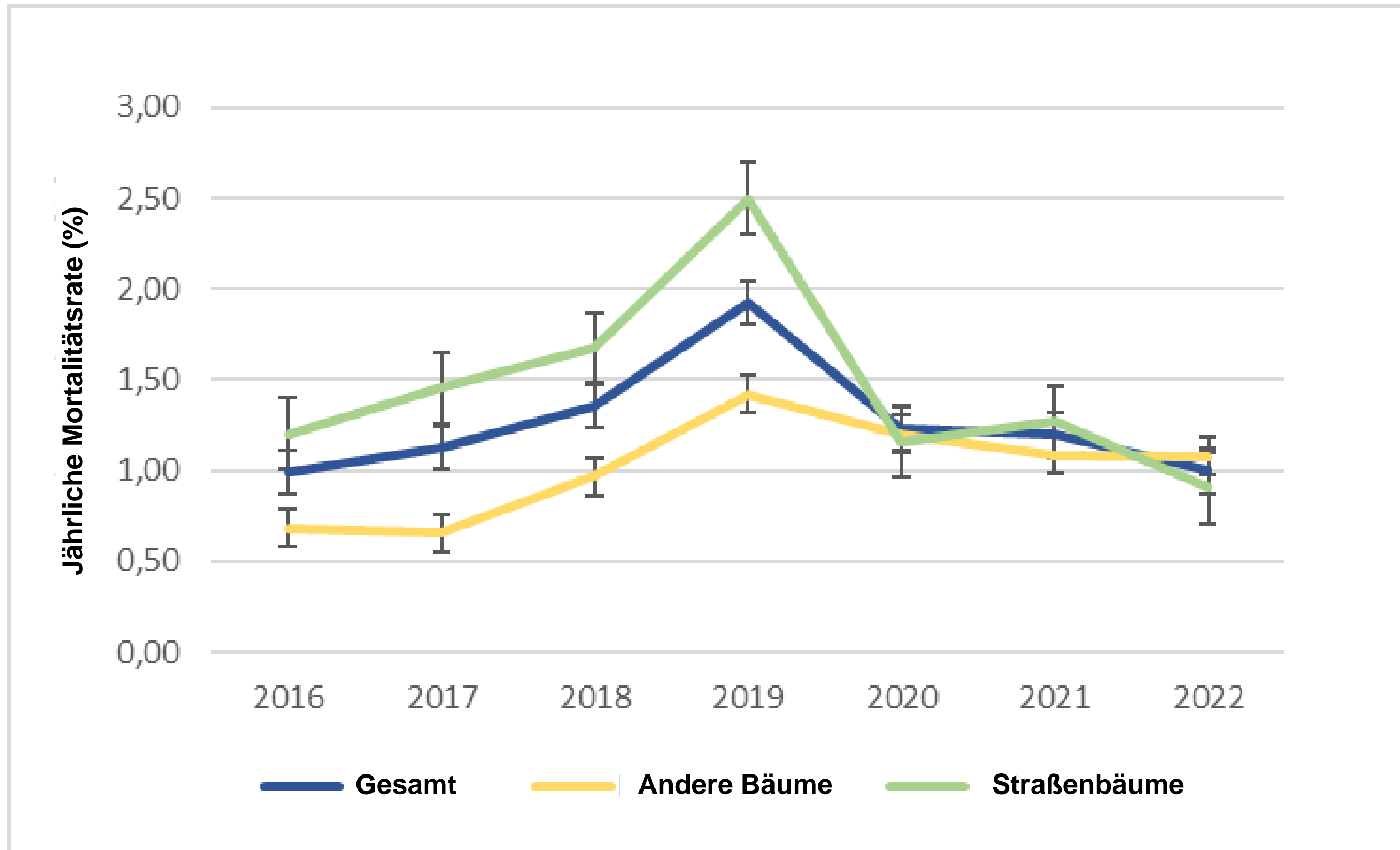


- Robinie (Robinia pseudoacacia)
- Buche (Fagus sylvatica)
- Roßkastanie (Aesculus hippocastanum)
- Eiche (Quercus robur)
- Winterlinde (Tilia cordata)
- Hainbuche (Carpinus betulus)

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



MORTALITÄT VERRINGERN



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

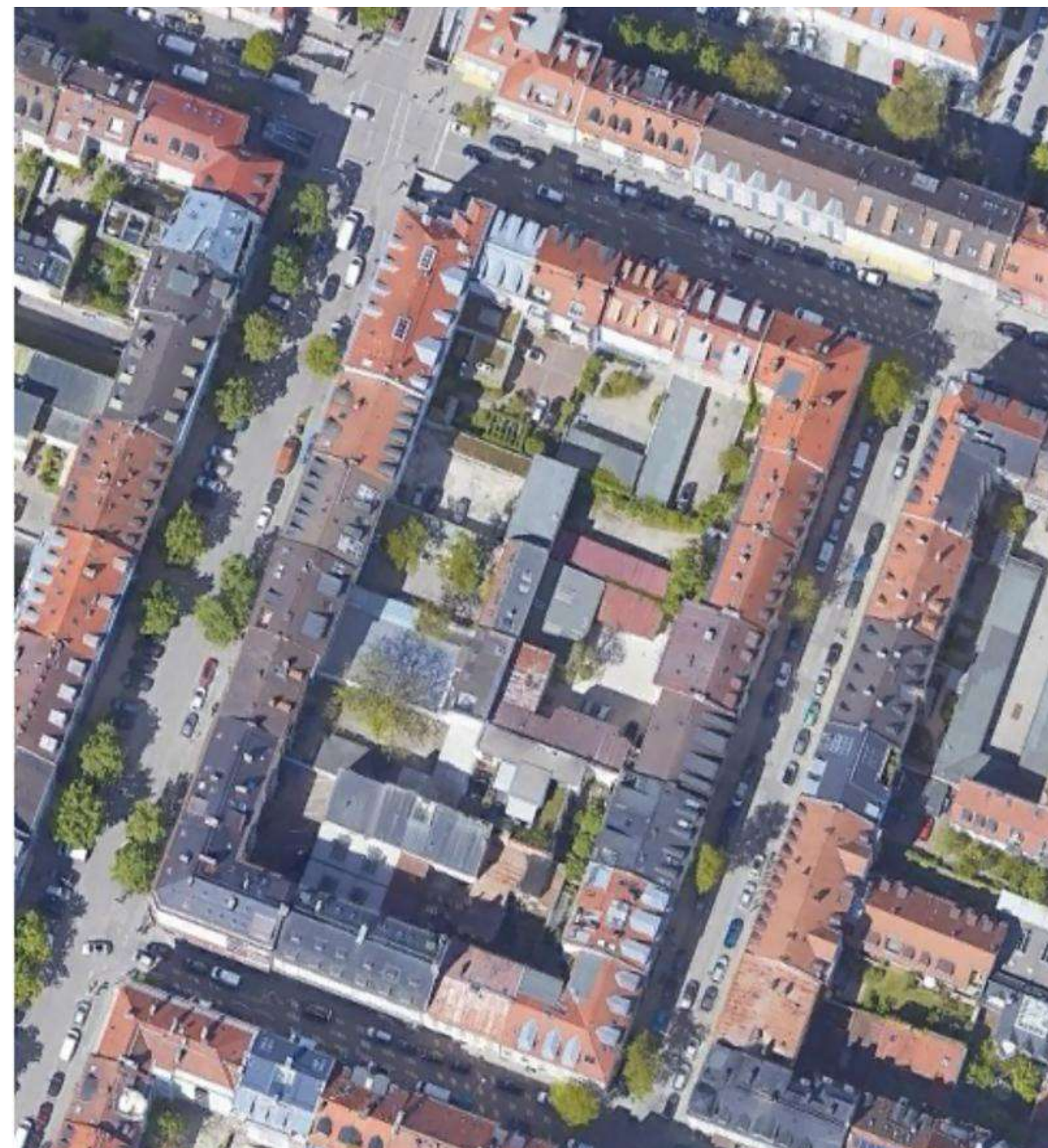
Heute Anteil Grün: 9%

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



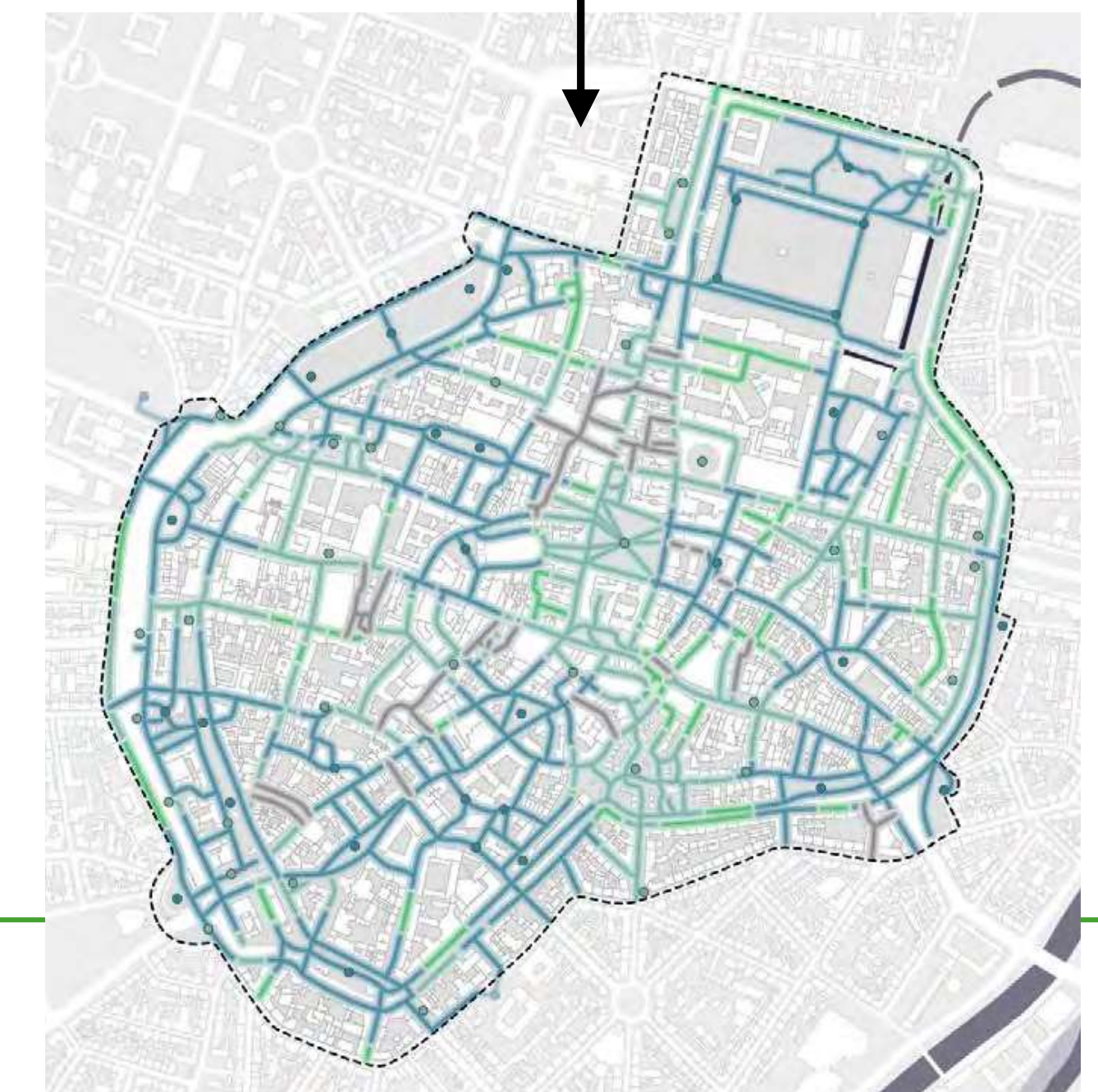
GRÜNE NETZWERKE: 150M-RASTER BESTAND

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

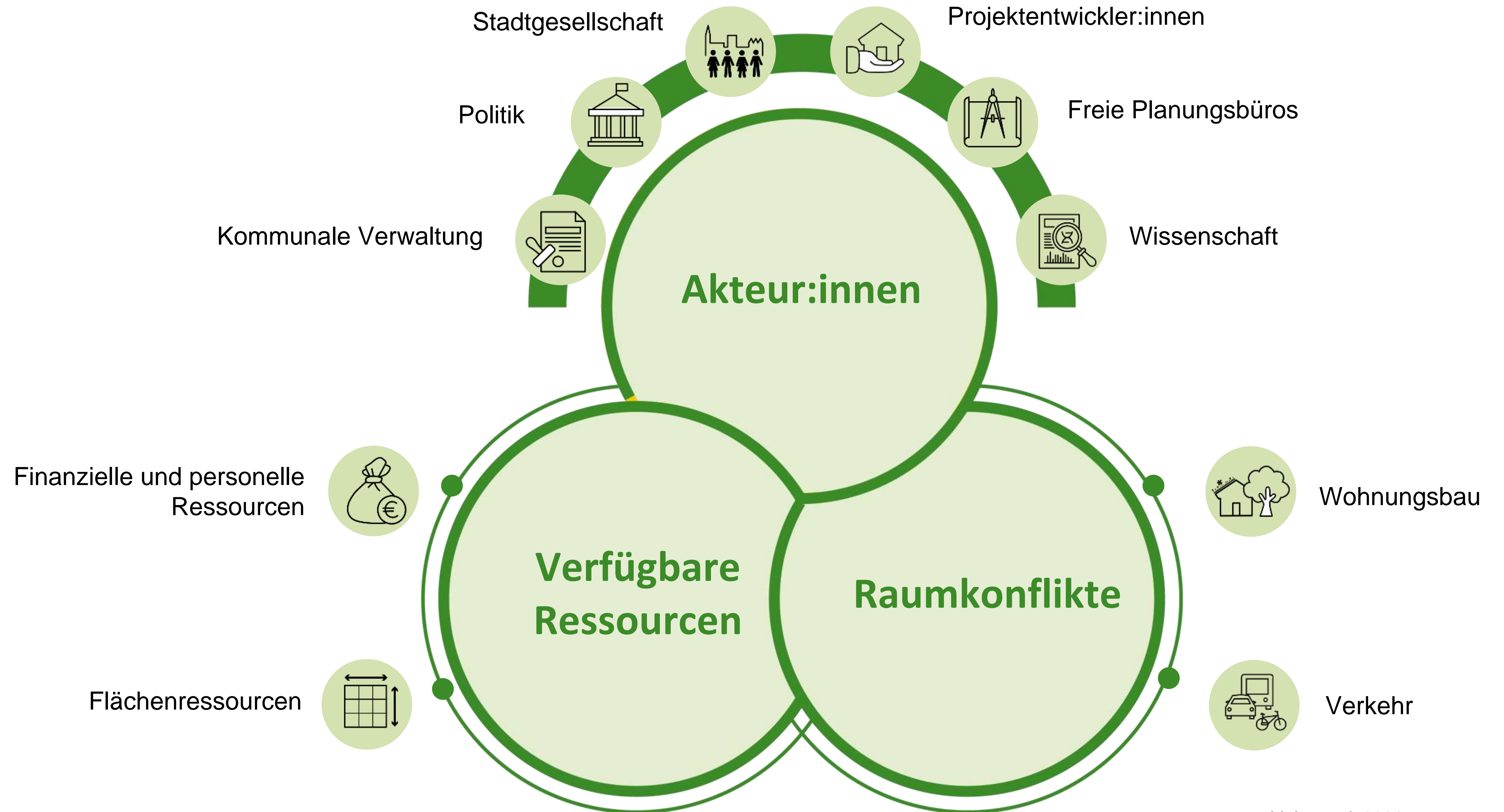
<https://gruene-stadt-der-zukunft.de>

www3.ls.tum.de/lapl/forschung/gruene-stadt-der-zukunft/publikationen/

UMSETZUNG



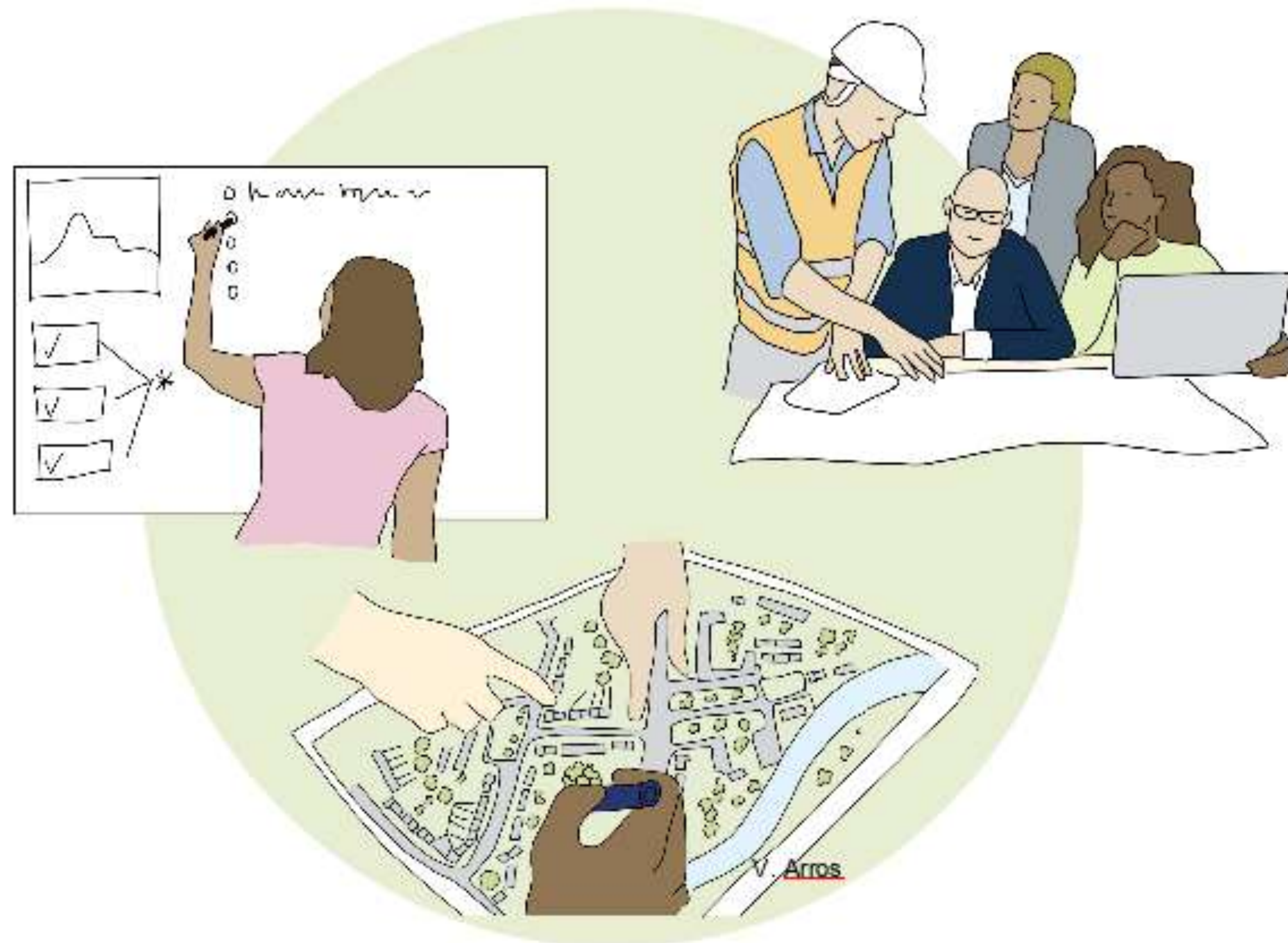
ES GIBT NICHT DIE EINE STELLSCHRAUBE



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



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.
- ✓ lungman 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/
- ✓ 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
- ✓ 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
- ✓