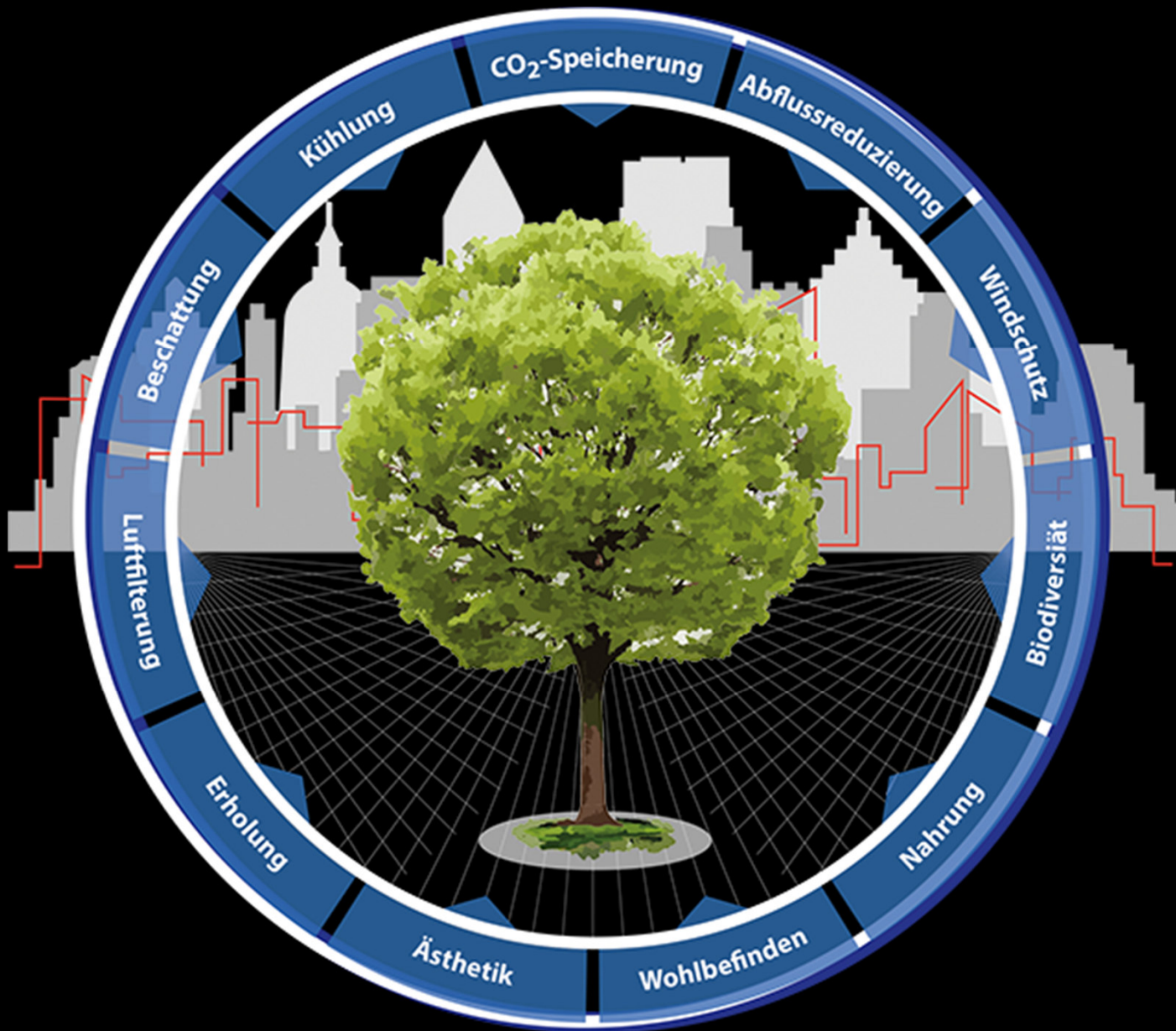


Was Stadtbäume leisten: Simulationen mit dem Modell CityTree

Thomas Rötzer, TU München
thomas.roetzer@tum.de





CityTree

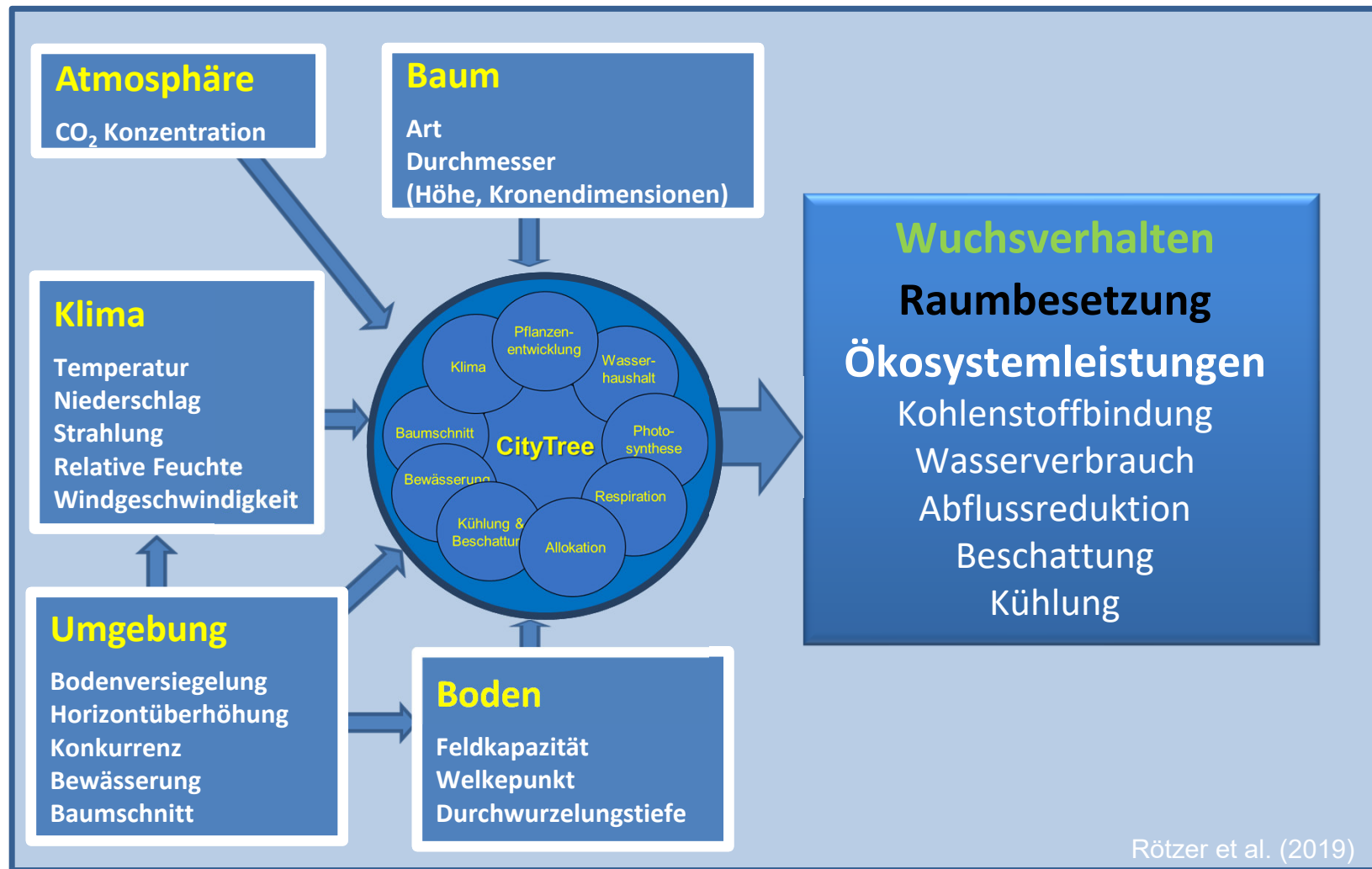
ein interaktives
Wachstumsmodell für
Stadtbäume

www.zsk.tum.de



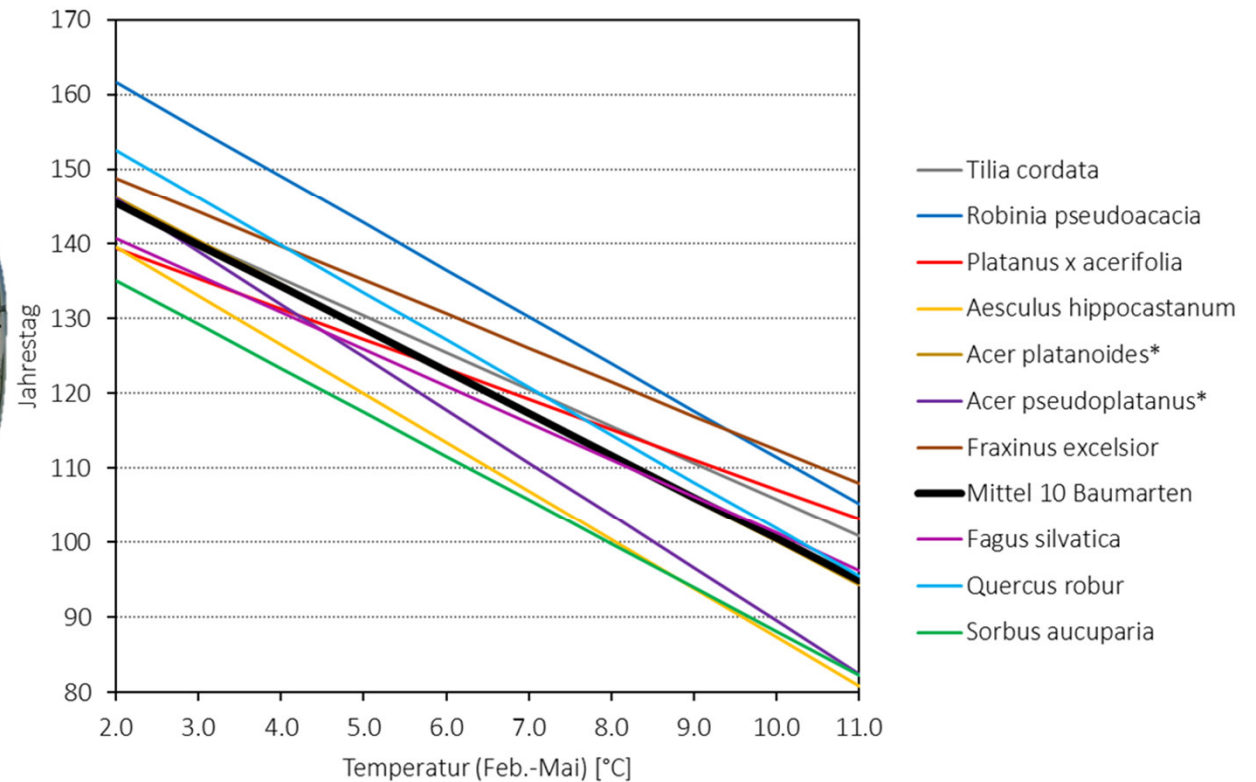
CityTree - ein interaktives Wachstumsmodell für Stadtbäume

Technische Universität München



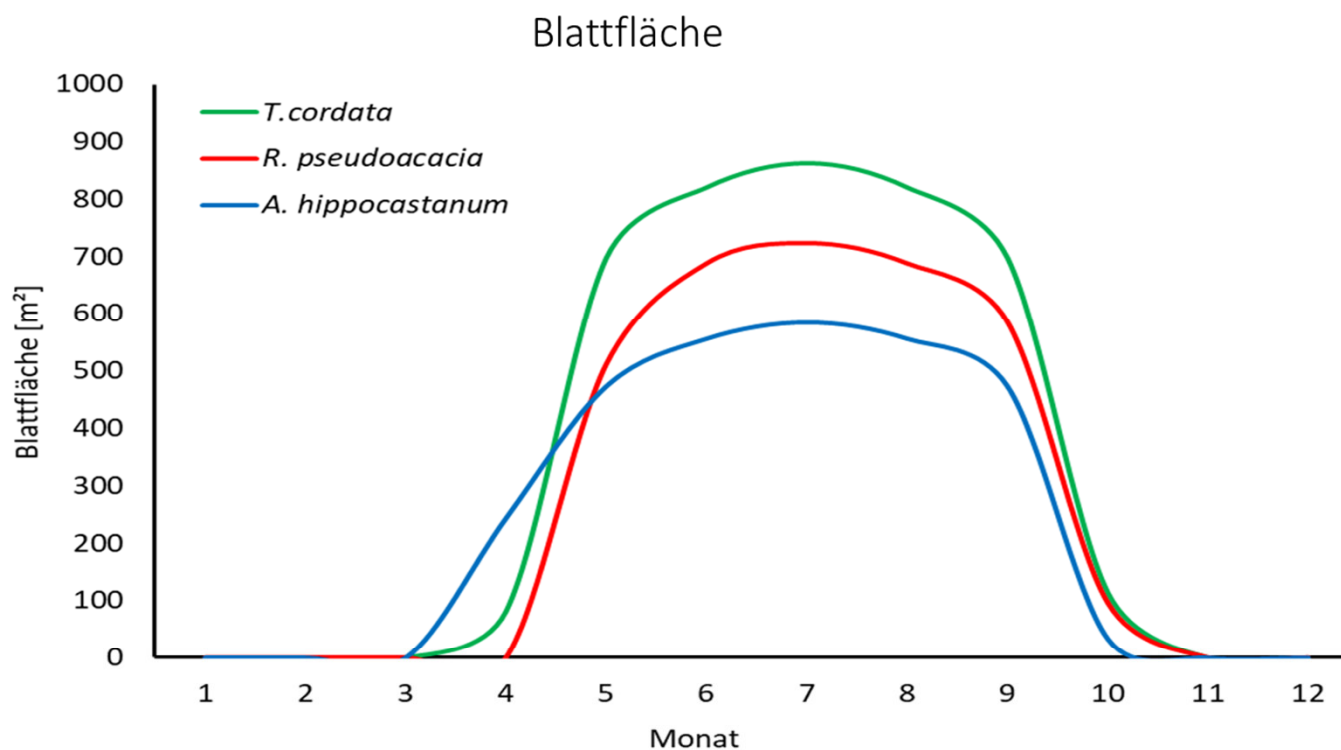
Modul Pflanzenentwicklung

Blattentfaltung





Modul Pflanzenentwicklung



dbh-Klasse 70-80 cm

Herr (2023)

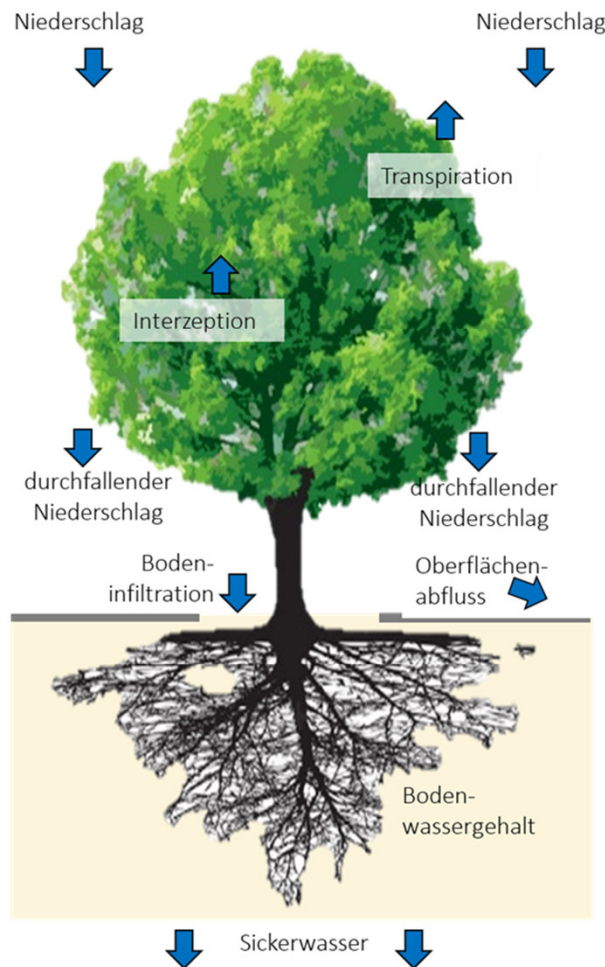


CityTree – ein interaktives Wachstumsmodell für Stadtbäume

Technische Universität München



Modul Wasserhaushalt



Wasserhaushaltsgleichung

$$\Delta swc = prec - int - et_a - p - sr$$

Δswc	Änderung Bodenwassergehalt	$prec$	Niederschlag
int	Interzeption	et_a	tatsächliche Evapotranspiration
p	Sickerwasser	sr	Oberflächenabfluß

potentielle Evapotranspiration nach Penman (DWA 2018)

$$et_p = [s/(s+\gamma)] \cdot (r_s - r_l)/L + [1 - s/(s+\gamma)] \cdot e_s \cdot f(v_u)$$

γ	psychrometric constant in hPa K ⁻¹
s	slope of the saturation vapour pressure curve in hPa K ⁻¹
r_s	short wave radiation balance in W m ⁻²
r_l	long wave radiation balance in W m ⁻²
L	specific evaporation heat in W m ⁻² mm ⁻¹ d
e_s	saturation deficit of the air in hPa
$f(v_u)$	ventilation function with v_u being the daily wind speed in m s ⁻¹

tatsächliche Evapotranspiration

$$et_a = r_w \cdot f_p[t] \cdot et_p$$

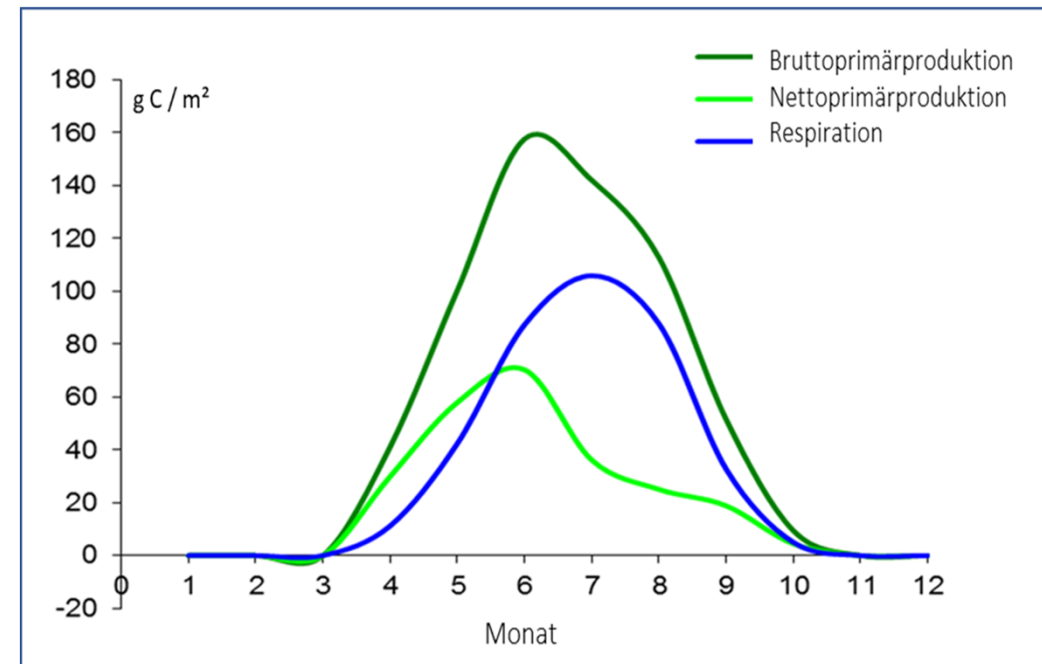
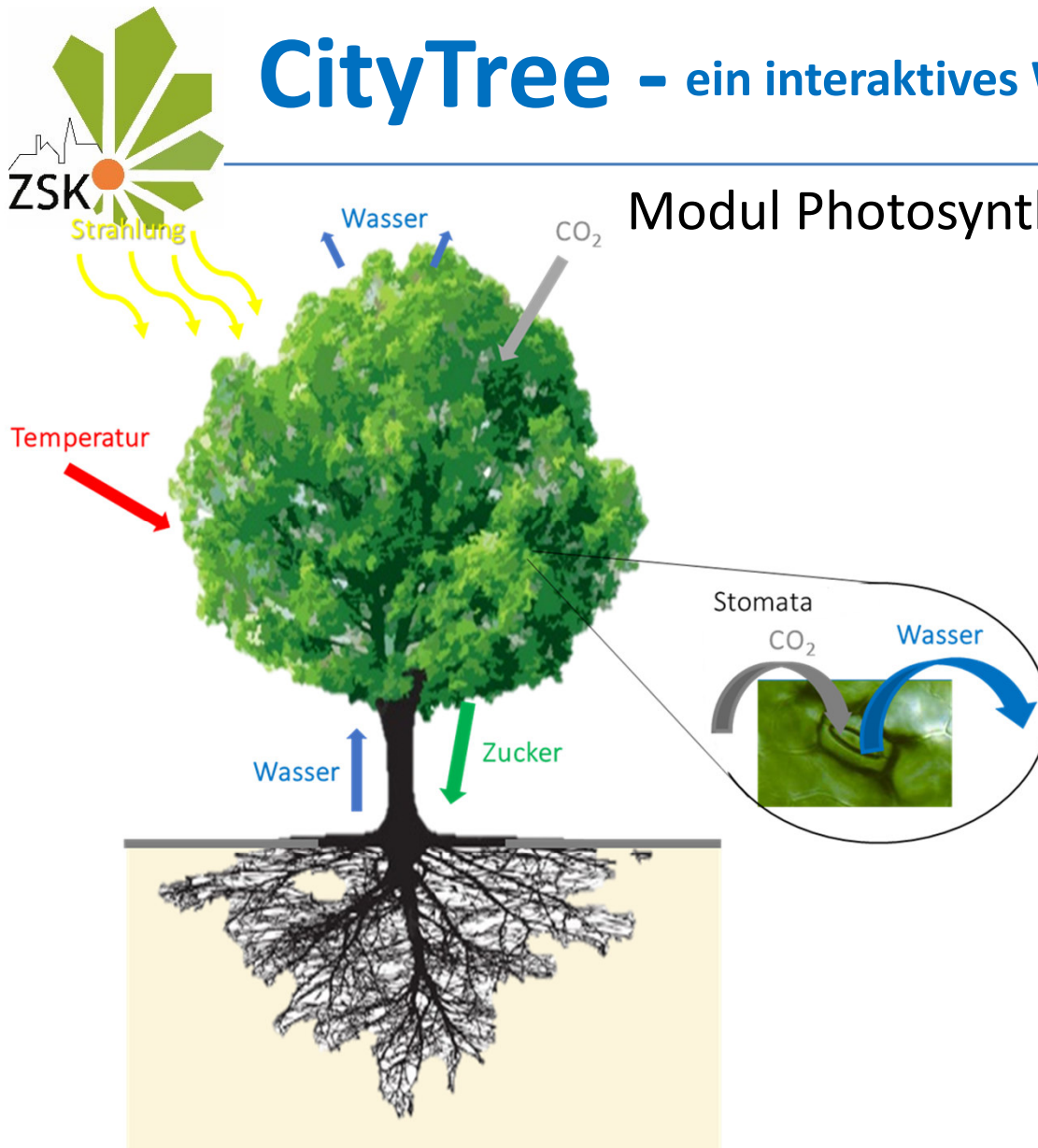
et_p	potential grass reference evapotranspiration
$f_p[t]$	time and species specific factor
r_w	reduction of et_p based on available soil water content

CityTree – ein interaktives Wachstumsmodell für Stadtbäume

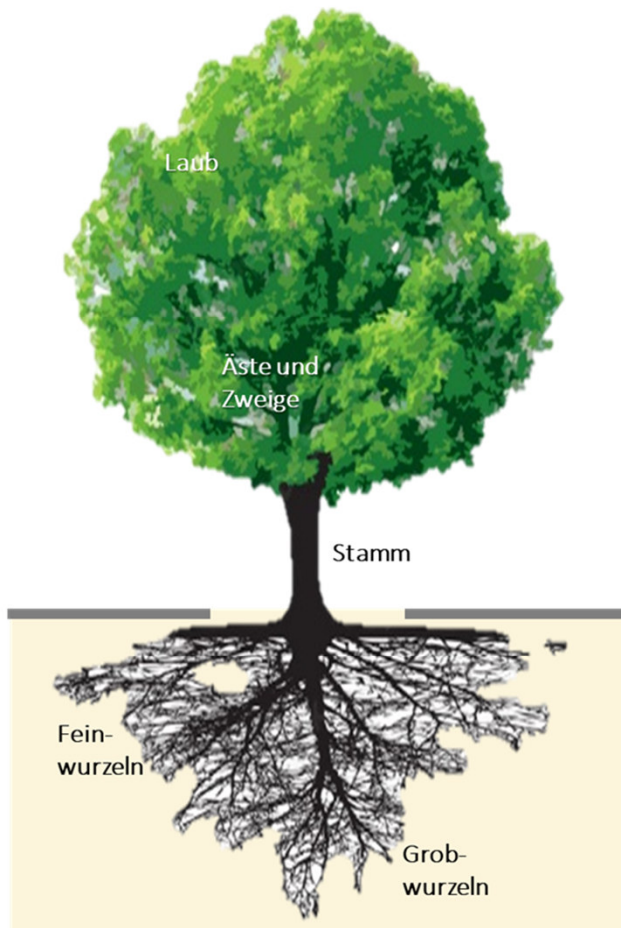
Technische Universität München



Modul Photosynthese / Respiration



Modul Allokation



Oberirdische Biomasse

$$bm_o = bm_{Laub} + bm_{AZ} + bm_{St}$$

bm_{Laub} Biomasse Laub

bm_{AZ} Biomasse Äste und Zweige

Bm_{St} Biomasse Stamm

freier Kohlenstoffpool

C_{pool} = nicht struktureller Kohlenstoff

Anteil des lebenden Holzgewebes,
Bereitstellung von C für Abwehr-, Reparatur- und Notfallmaßnahmen
C-Speicher für Blattaustrieb im nächsten Jahr

Unterirdische Biomasse

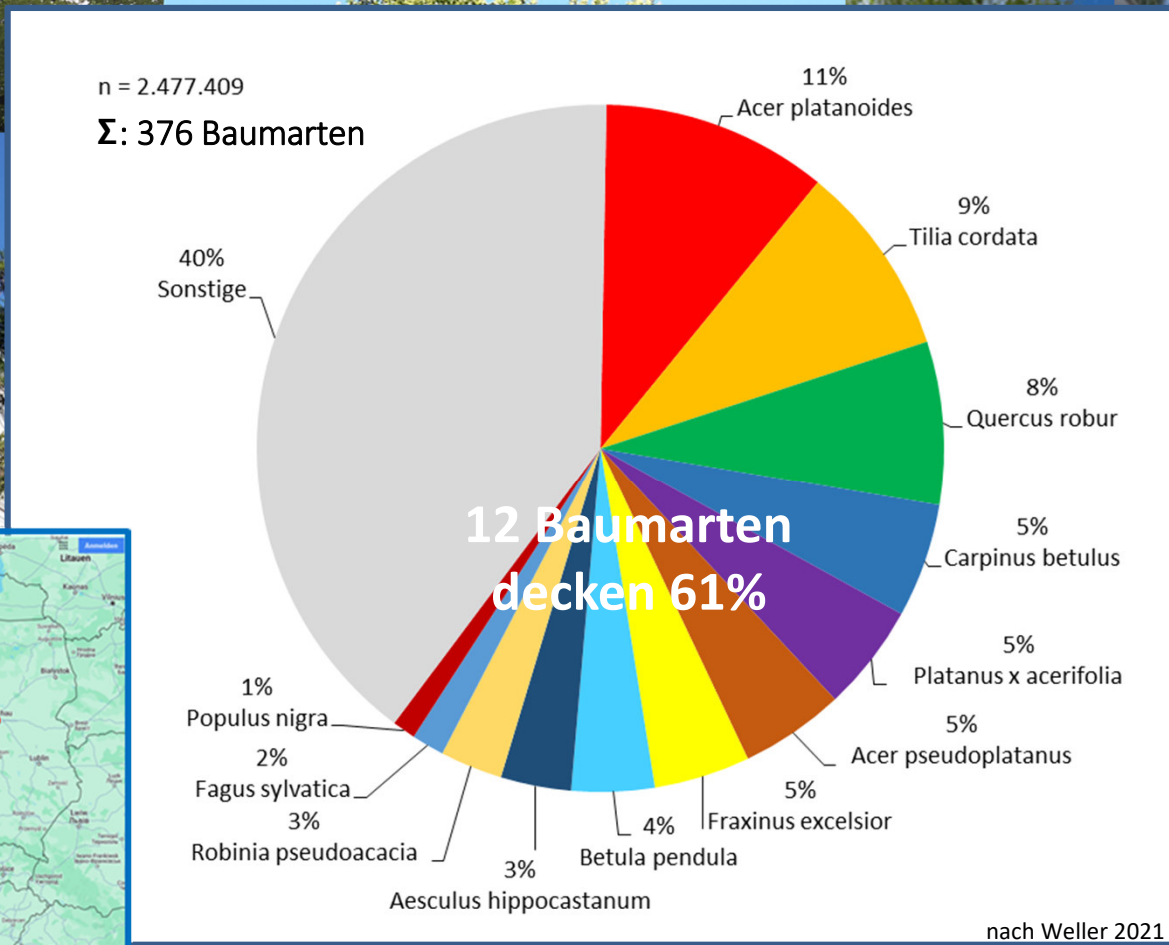
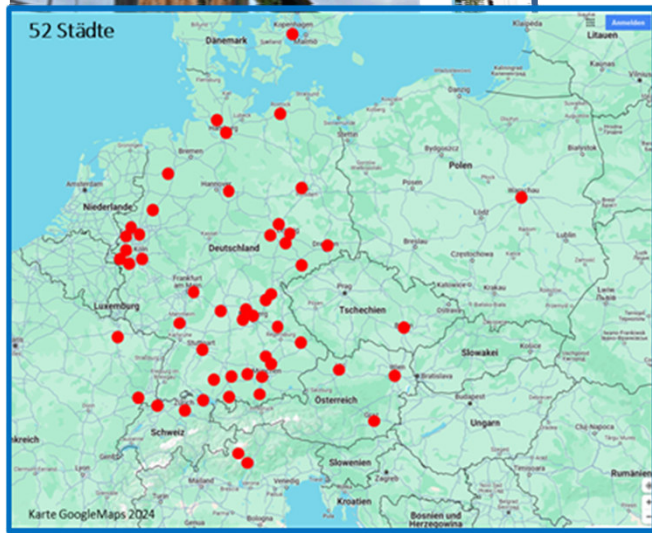
$$bm_u = bm_{fw} + bm_{Gw}$$

bm_{Fw} Biomasse Feinwurzeln

bm_{Gw} Biomasse Grobwurzeln



Baumarten



Mittel über 34 Städte

Zeitraum: 1991-2020
 Durchmesserklasse: 50-60 cm
 Bodenart: lehmiger Sand
 Bodenversiegelung: 0%
 Horizontabdeckung: keine

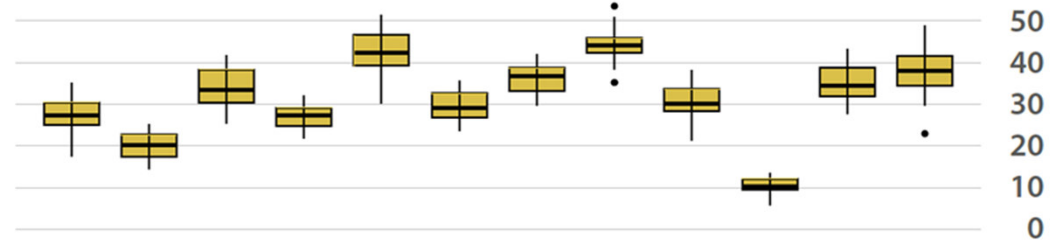


Einzelbaumanalysen

Technische Universität München

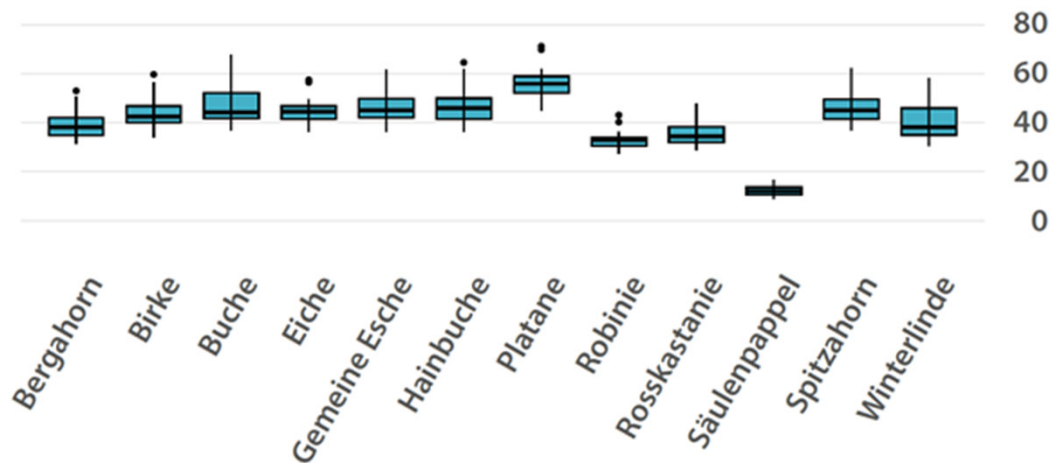
Biomassezuwachs

[kg / Baum / Jahr]



Wasserverbrauch

[m³ / Baum / Jahr]



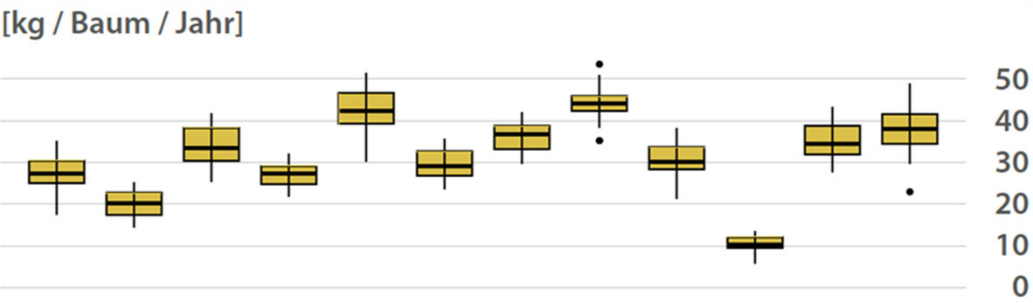
Karten und Grafiken aus Rötzer et al. (2024)

Mittel über 34 Städte

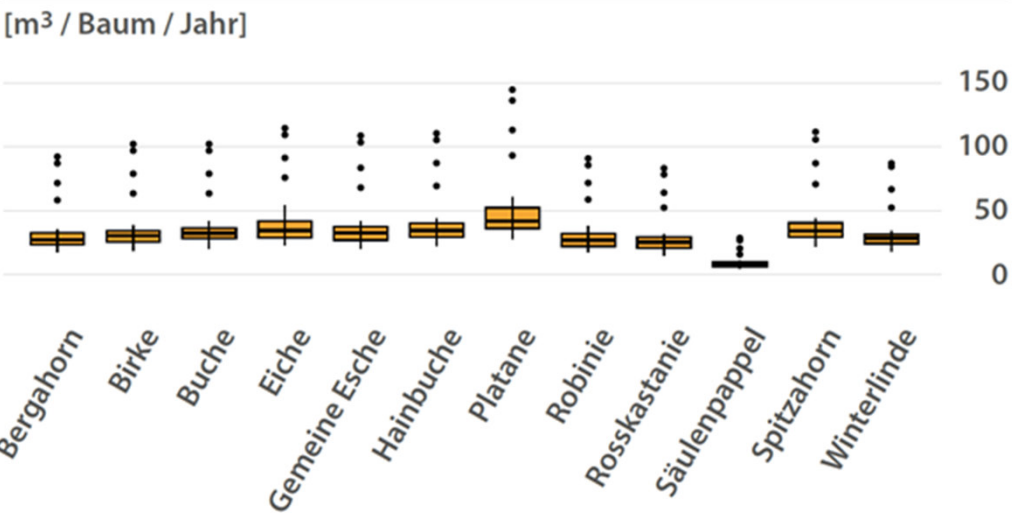
Zeitraum: 1991-2020
 Durchmesserklasse: 50-60 cm
 Bodenart: lehmiger Sand
 Bodenversiegelung: 0%
 Horizontabdeckung: keine



Biomassezuwachs



Abfluss





Einzelbaumanalysen

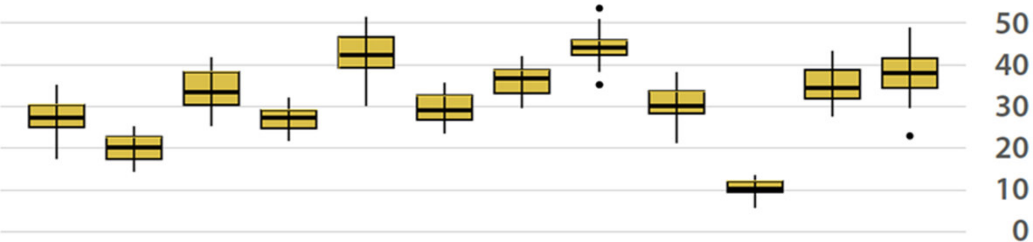
Mittel über 34 Städte

Zeitraum: 1991-2020
Durchmesserklasse: 50-60 cm
Bodenart: lehmiger Sand
Bodenversiegelung: 0%
Horizontabdeckung: keine



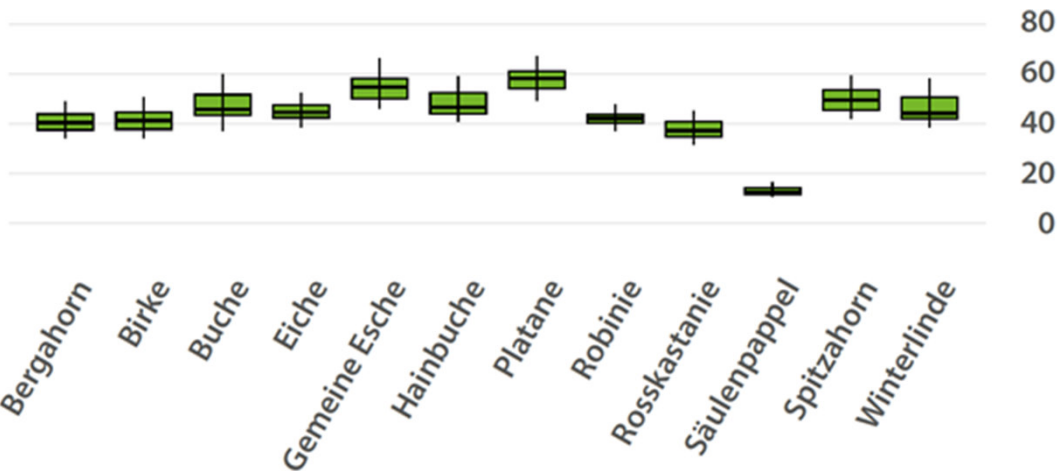
Biomassezuwachs

[kg / Baum / Jahr]



Kühlungsenergie

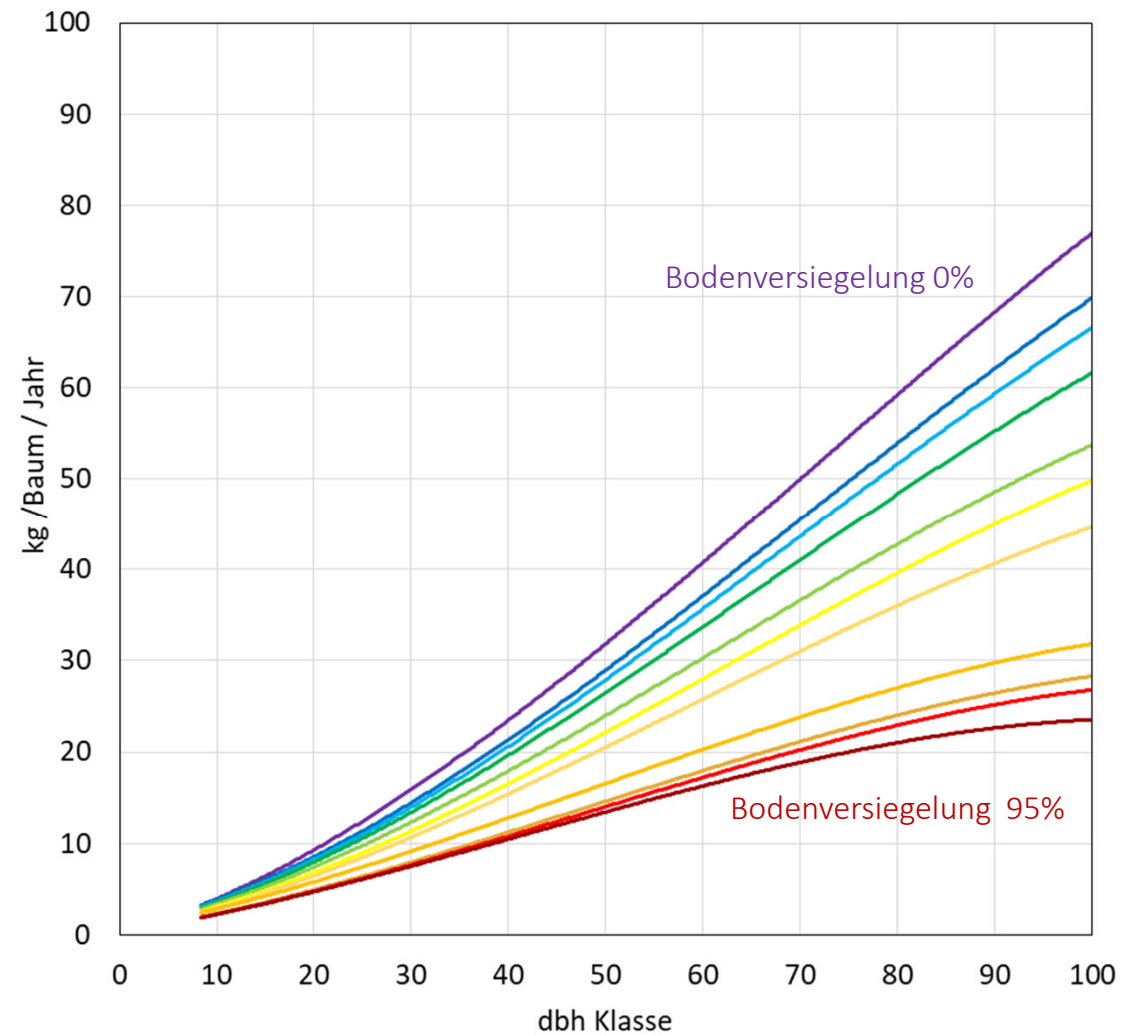
[Tausend kWh / Baum / Sommer]



Biomassezuwachs



Standort: Berlin
 Baumart: Robinie
 Zeitraum: 1971-2000
 Bodenart: lehmiger Sand
 Horizontabdeckung: keine





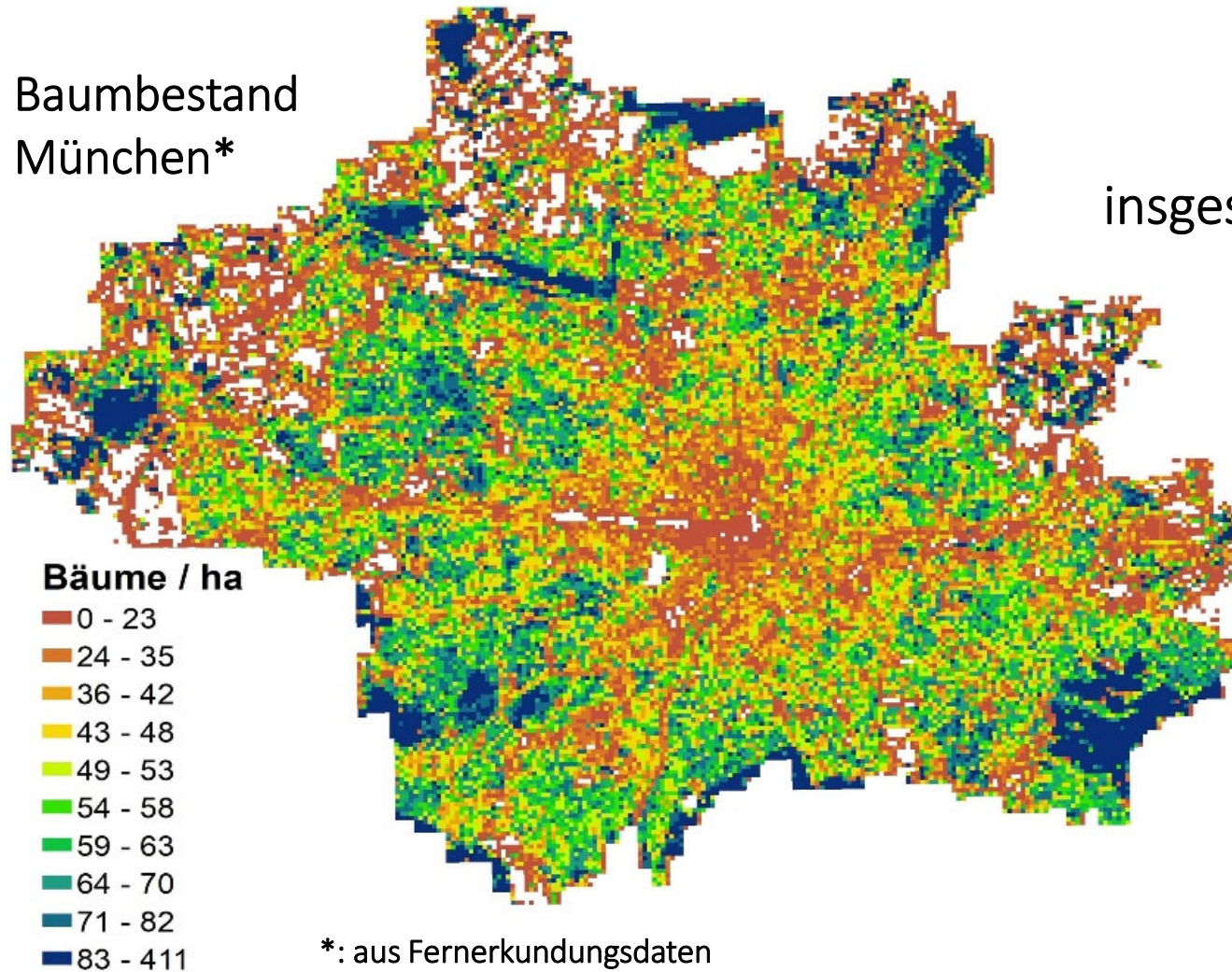
Regionale Analysen - München

Technische Universität München



Baumbestand
München*

insgesamt 1,54 Millionen Bäume



Leichtle et al. (2024)

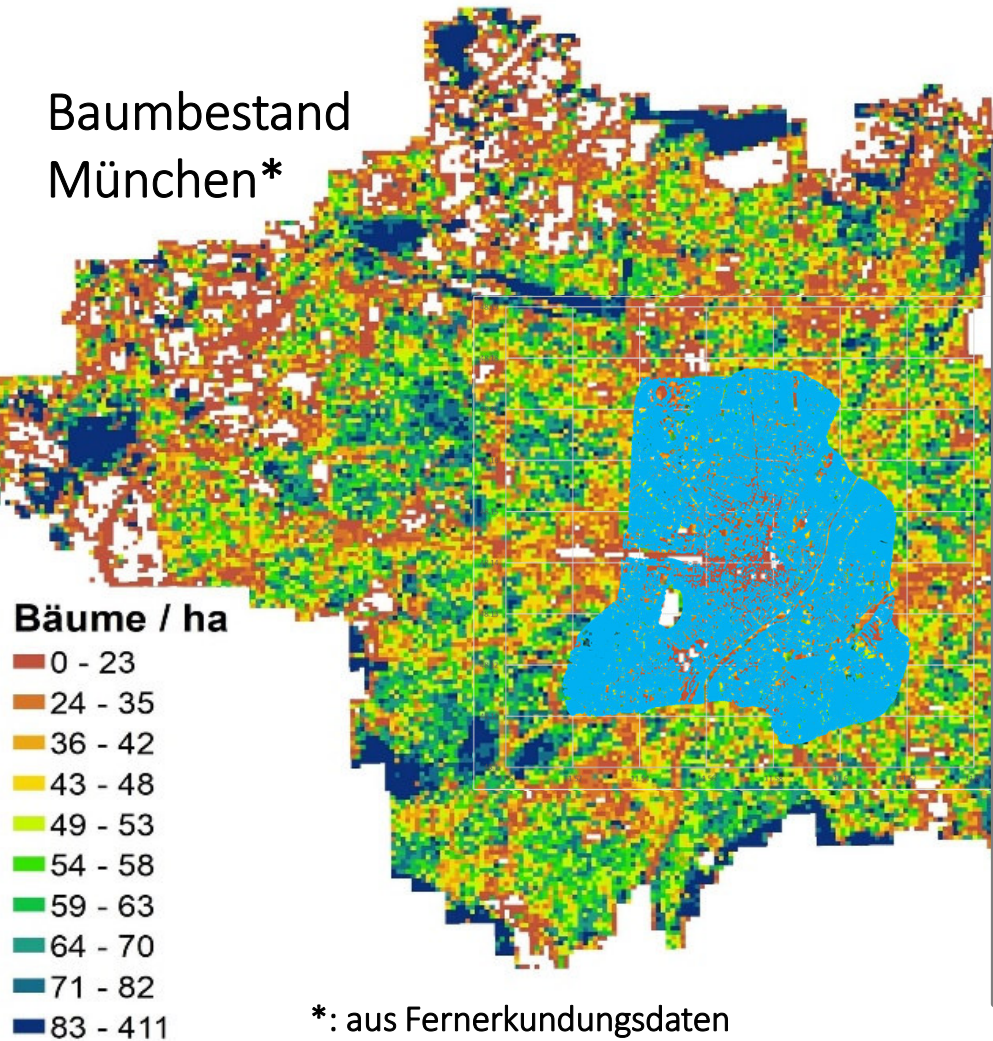


Regionale Analysen - München

Technische Universität München



Baumbestand München*



innerhalb Mittlerer Ring: 160.009 Bäume

Automatisierte Klassifikation der Baumgattungen innerhalb des Mittleren Rings in München (vorläufiges Ergebnis)



Leichtle et al. (2024)



Ökosystemleistungen des Baumbestands Gebiet Mittlerer Ring (160.009 Bäume)

Biomasse gesamter Bestand

gesamt: 64.926 t C
entspricht: 14,7 t C / ha

Wasserverbrauch

6.439.971 m³ / Jahr

CO₂ Speicherung pro Jahr

gesamt: 8.710 t CO₂ / Jahr
entspricht: 1,97 t CO₂ / ha / Jahr

Abfluss pro Jahr

5.344.865 m³ (unter CPA)
47 % (vom Niederschlag)

Kühlungsenergie durch Transpiration (Sommer)

gesamt: 2.899.242.210 kWh
entspricht einer
Temperaturreduzierung von * 4,3 K

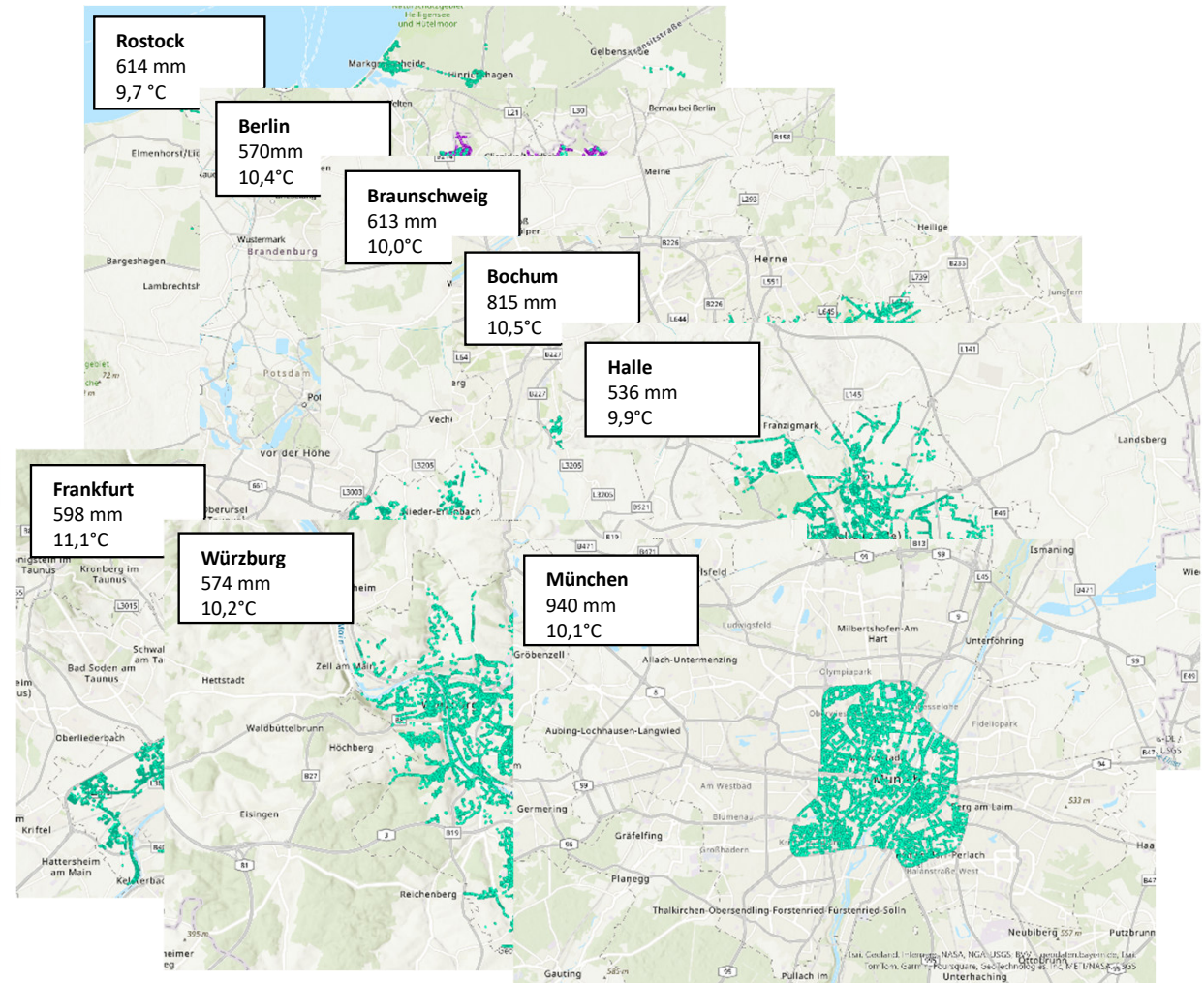
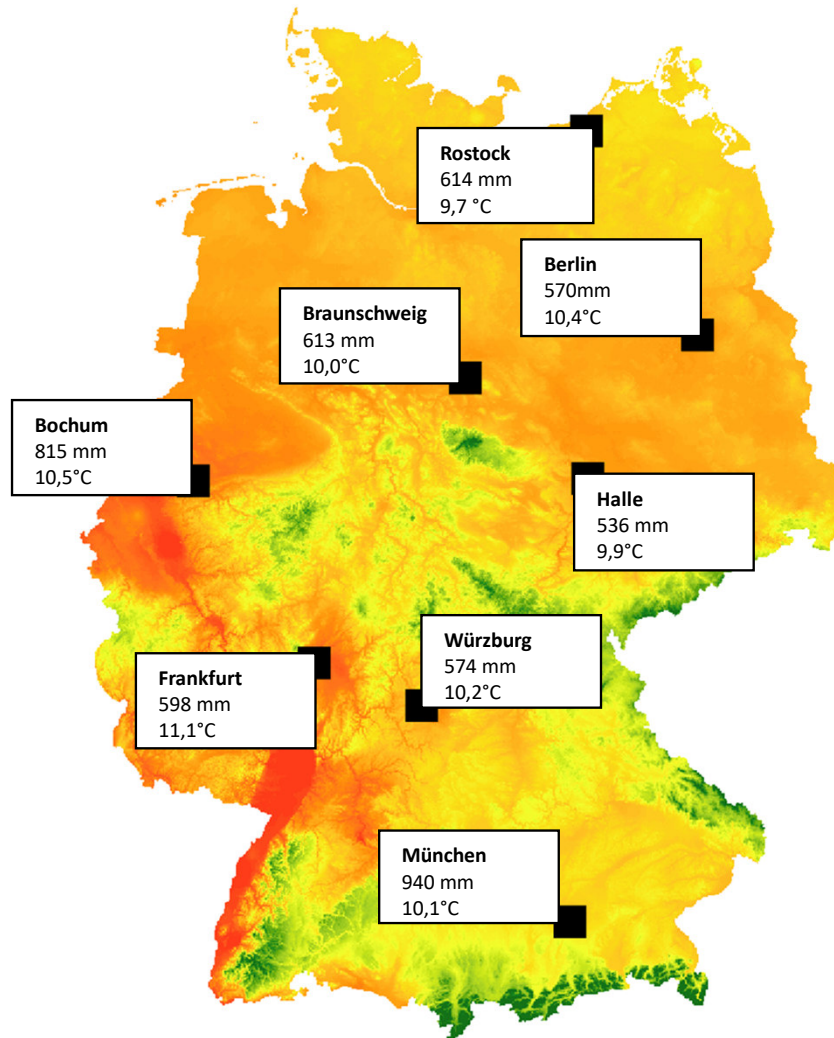
*: Höhe des Kühlungsvolumens = 30 m

vorläufige, noch nicht validierte Ergebnisse (bitte nicht weitergeben)



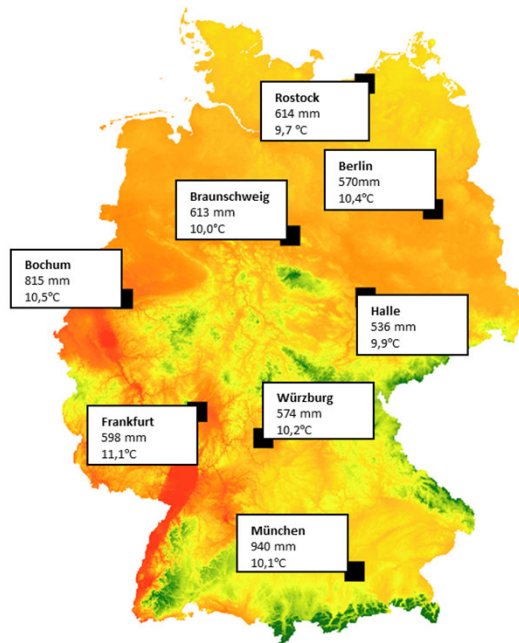
Regionale Analysen - Klimagradient

Technische Universität München



Schadel (2024)

Regionale Analysen - Klimagradient

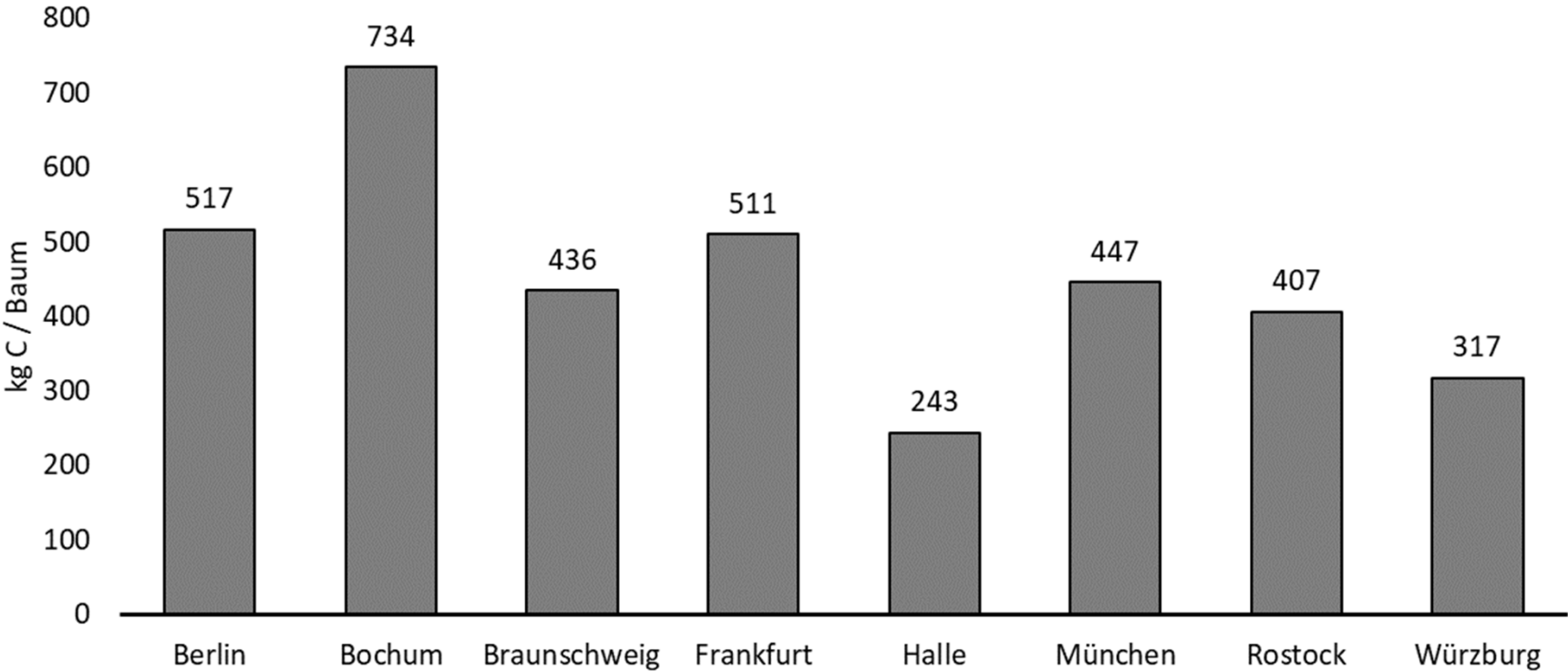


Stadt	Fläche* [km ²]	Anzahl Bäume*	Baumdicke [n/km ²]	Boden- versiegelung** [%]
Berlin	872,5	603.774	692	48
Bochum	143,5	55.132	384	50
Braunschweig	155,4	90.018	579	40
Frankfurt	201,2	146.536	728	45
Halle	95,5	34.483	361	55
München	44,2	76.706	1.737	52
Rostock	166,7	64.885	389	40
Würzburg	62,7	35.640	569	46

*: Baumkataster

** : unter Bäumen

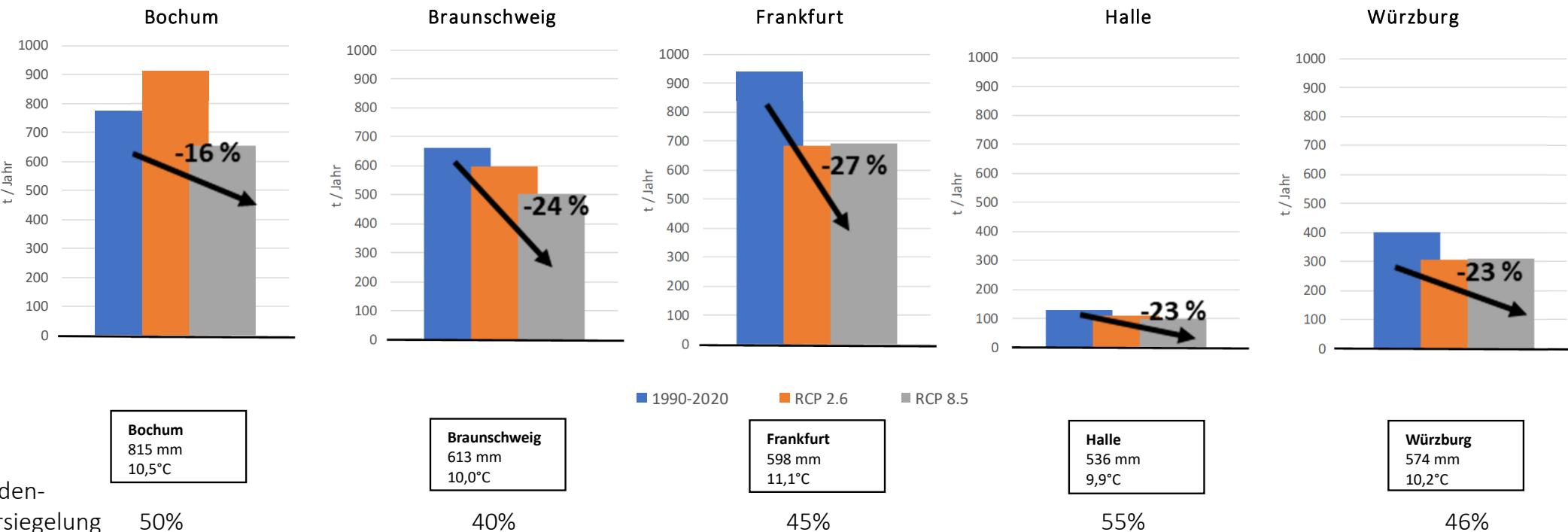
Biomasse



nach Schadel (2024)

Bestandsbiomassewachstum

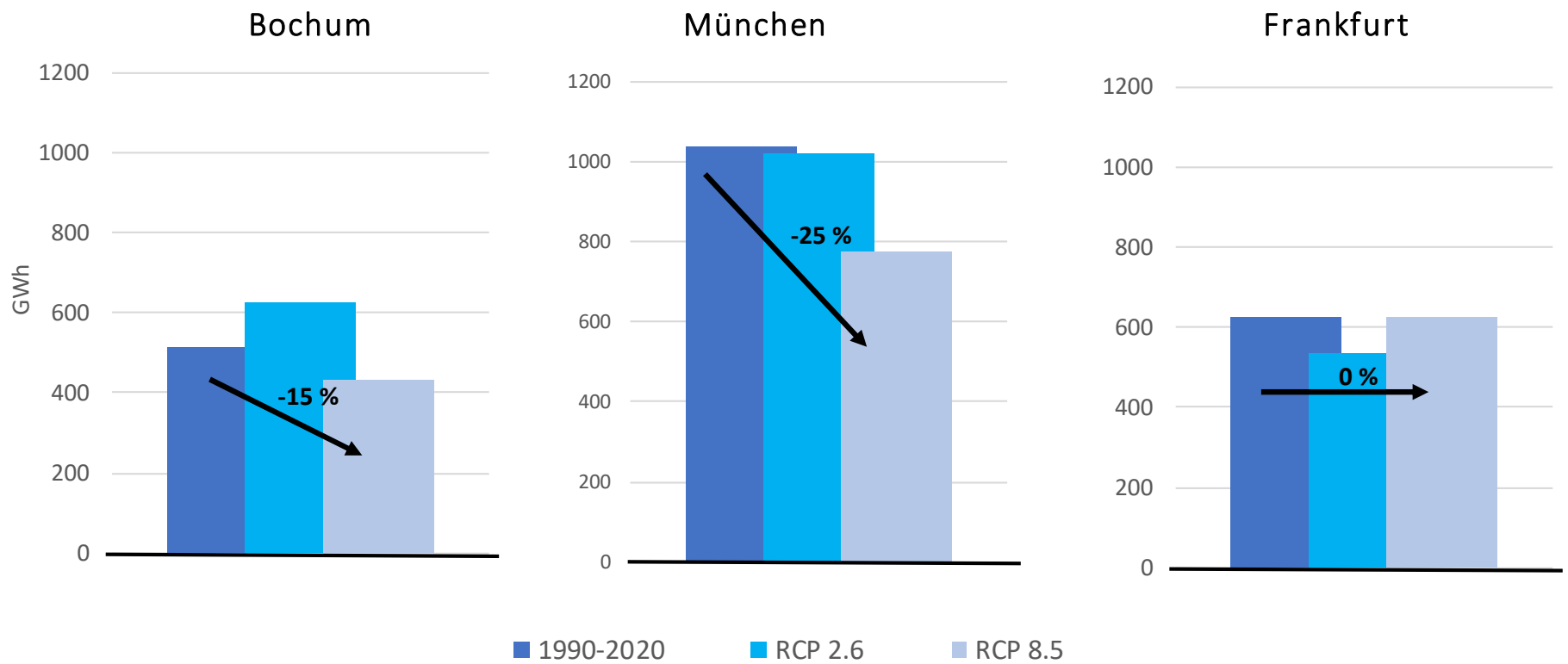
[t pro Jahr]



↘ %-Veränderung RCP 8.5 (2081-2090) gegenüber 1991-2020

nach Schadel (2024)

Kühlungsenergie durch Transpiration (Sommer) [GWh]



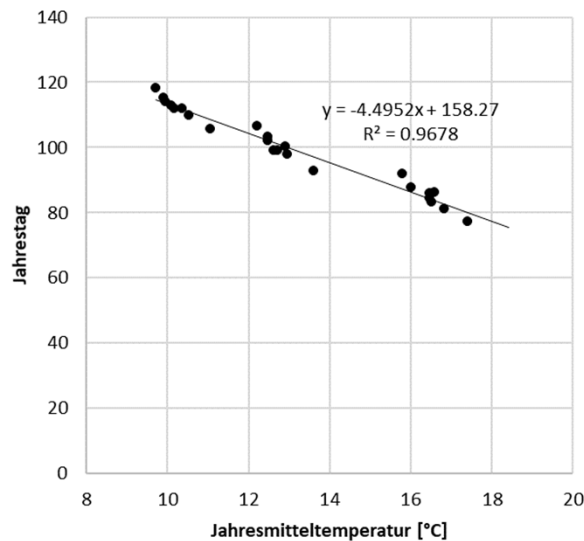
↘ %-Veränderung RCP 8.5 (2081-2090) gegenüber 1991-2020

nach Schadel (2024)

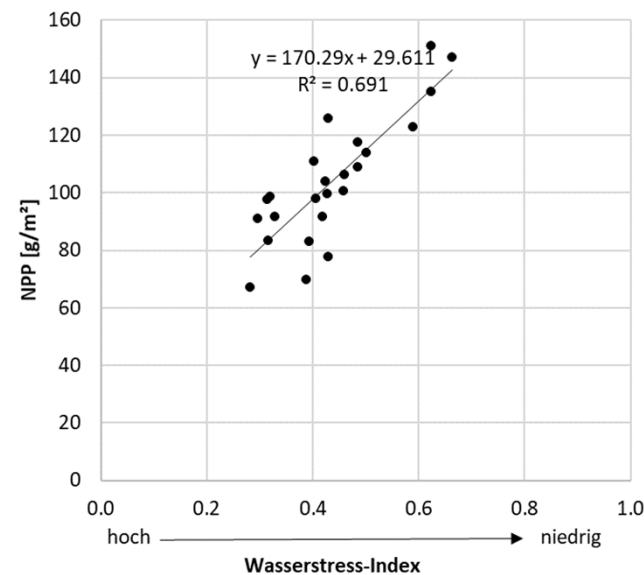
Hintergründe

unterschiedlicher Reaktionen der Baumbestände in den Städten und unter dem Einfluss von Klimaveränderungen

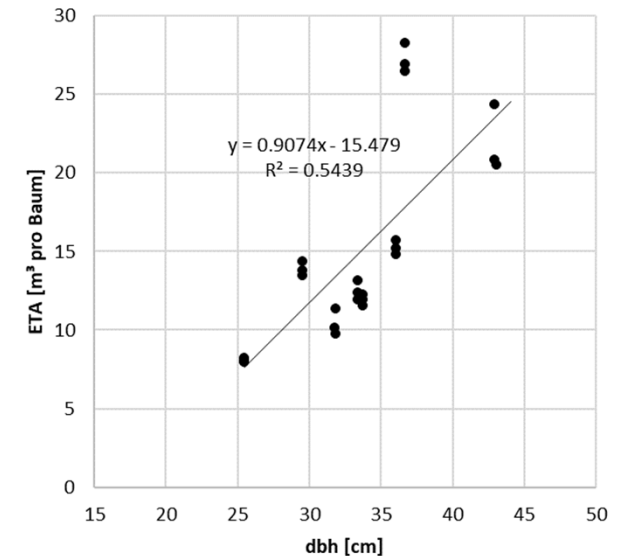
Abhängigkeit des Wachstumsbeginns von der Temperatur



Reaktion der Nettoprimärproduktion auf Wasserstress



Einfluss der Baumdimension/Baumalter auf den Wasserverbrauch



- Wachstumsraten und Quantität der Ökosystemleistungen von Stadtbäumen werden in hohem Maße vom Klima einer Stadt und von den Standortbedingungen wie Bodenversiegelung, Bodenart oder Strahlungsangebot geprägt
- Zudem bestimmen Baumart, Baumalter und Baumvitalität die Höhe der Ökosystemleistungen
- In Zukunft werden das Wachstum und die Ökosystemleistungen von Bäumen in mitteleuropäischen Städten geringer ausfallen, Extremereignisse wie Trockenjahre könnten weitere Rückgänge verursachen
- Prozessbasierte Modelle wie CityTree ermöglichen es, die Reaktion von Bäumen auf Umweltbedingungen zu erfassen, und den Einfluss des Klimawandels sowie Möglichkeiten zur Minderung negativer Auswirkungen standortgenau zu simulieren.
- Simulationen zeigen, dass negativen Effekten des Klimawandels durch zahlreiche Maßnahmen wie der Baumartenwahl, der Standortverbesserung oder durch gezielte Bewässerung entgegengewirkt werden kann
- Großflächig kann mit dem Modell CityTree auf Basis von Fernerkundungsdaten und/oder Baumkatastern das Wachstum und die Ökosystemleistungen von Baumbeständen in Städten abgeschätzt werden
- Dies sind grundlegende Voraussetzungen für eine nachhaltige Planung und ein nachhaltiges Management von städtischen Baumbeständen im Klimawandel



Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung (ZSK)
Technische Universität München



Technische Universität München

Startseite

Zur Simulation

Das Wachstumsmodell CityTree

Das Stadtklima heute und in Zukunft

Baumarten mitteleuropäischer Städte

Dimensionen und Struktur mitteleuropäischer Stadtbäume

Wachstum und Ökosystemleistungen von Stadtbäumen

Relevanz von Stadtbäumen für Mensch und Umwelt

Handlungsempfehlungen

Literaturliste

Glossar

Impressum

Interaktiver Leitfaden für Stadtbäume

Abschätzung des Wachstums und der Ökosystemleistungen von Stadtbäumen

Auf Basis des prozess-orientierten Wachstumsmodells CityTree für Stadtbäume können mit diesem interaktiven Leitfaden Wachstum und Ökosystemleistungen wie zum Beispiel CO₂, Wasserverbrauch, Abflussminderung und Kühlung durch Transpiration und Beschattung in Abhängigkeit des Standorts bestimmt werden. Dabei werden das Klima der ausgewählten Stadt, die Bodenart und die Bodenversiegelung sowie die Einschränkung des Strahlungseinfalls berücksichtigt. Die Simulationen können für 12 verschiedene Baumarten für einzelne Stammdurchmesserklassen durchgeführt werden. Neben Simulationen für das langjährige klimatische Mittel (1991-2020) sind Simulationen für das Trockenjahr 2003 und für die Klimaszenarien RCP 2.6 und RCP 8.5 möglich.



ZUR SIMULATION



finanziert durch
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



www.zsk.tum.de



finanziert durch
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



Leitfaden Stadtbäume im Klimawandel

Erweiterung des Leitfadens zu Stadtbäumen in Bayern



Zentrum für Stadtnatur und Klimaanpassung

Technische Universität München

www.zsk.tum.de
info@zsk.tum.de

... Danke für Ihre Aufmerksamkeit