

## Projektsteckbrief „KEW – Klimaerlebnis Würzburg“

Prof. Dr. Thomas Rötzer<sup>1</sup>, Dr. Astrid Reischl<sup>1</sup>, E. Franceschi<sup>1</sup>, Dr. Mohammad Rahman<sup>2</sup>, Christian Hartmann<sup>3</sup>, Prof. Dr. Dr. Hans Pretzsch<sup>1</sup>, Prof. Dr. Stephan Pauleit<sup>2</sup>, Prof. Dr. Heiko Paeth<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, TU München

<sup>2</sup> Lehrstuhl für Strategie und Management der Landschaftsentwicklung, TU München

<sup>3</sup> Professur für Klimatologie, Institut für Geographie und Geologie, Universität Würzburg

**Laufzeit:** April 2017 - Dezember 2020

### Hintergrund:

Stadtbäume sind zentrale Elemente für das Stadtbild. Sie erbringen wichtige *Ökosystemleistungen wie Kühlung, Beschattung, Luftreinigung* und sorgen so für ein *angenehmes Stadtklima*. Dies ist vor allem in Städten wie Würzburg wichtig, die eine *dichte Bebauung, hohe Oberflächenversiegelung, geringe Vegetationsbedeckung und wenig Frischluftschneisen* aufweisen und daher hohen Hitzebelastungen in den Sommermonaten ausgesetzt sind. Daher wird **Würzburg als ein Klimahotspot Bayerns bezeichnet**.

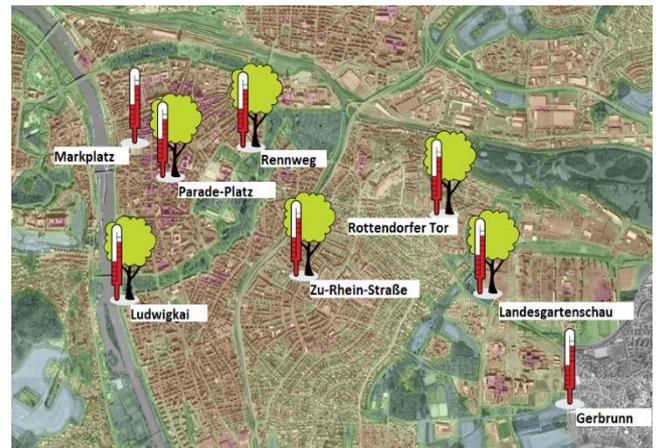
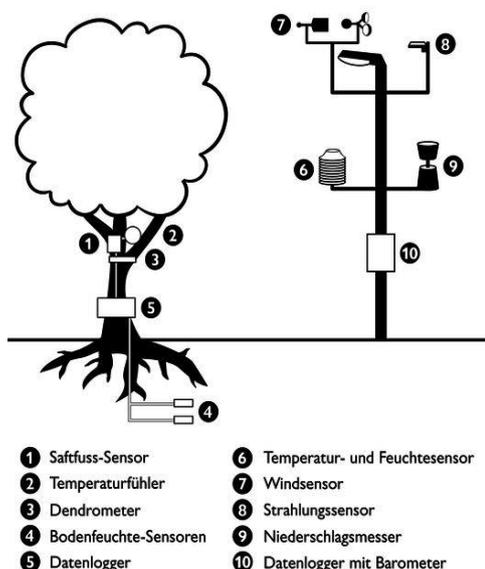


Abb. 1: Messstandorte in Würzburg (Baum = Baumstandort, Thermometer = Klimastandort)

Das Projekt Klimaerlebnis Würzburg 2018 (KEW) beschäftigte sich mit der Frage: **Können Stadtbäume das Klima an einem Standort positiv beeinflussen und von welchen Faktoren ist dies abhängig?** Dazu wurden an verschiedenen Standorten im Stadtgebiet Wetterstationen und Baumlabore aufgestellt (Abb. 1). Das Projekt wurde im Rahmen der Landeshortenschau 2018 in Würzburg durchgeführt. Ein weiteres Projektziel war daher, die Bevölkerung für die Themen der Klimaanpassung durch grüne Infrastrukturen zu sensibilisieren.



### Projektziele:

Das Projekt beschäftigte sich insbesondere mit den lokalen Klimawandelauswirkungen, dem städtischen Mikroklima und den Effekten von Stadtgrün auf das Mikroklima, somit also mit den Leistungen von Stadtbäumen wie Kühlung durch Beschattung und Verdunstung sowie Kohlenstofffixierung. Im Fokus standen die Bedeutung des Mikroklimas und Einfluss von Stadtbäumen für die Stadtplanung darzustellen ebenso wie eine Sensibilisierung der Öffentlichkeit auf diese Themen (*Wie erlebt die Würzburger Bevölkerung ihre Stadtbäume?*). Dazu wurden im gesamten Stadtgebiet Winterlinden und Robinien mit Sensoren zum Wachstum und zum Wasserverbrauch ausgestattet sowie Wetterstationen zur Messung der Witterung der Umgebung installiert (Abb. 2).

Abb. 2: Sensoren am Standort

## Ergebnisse:

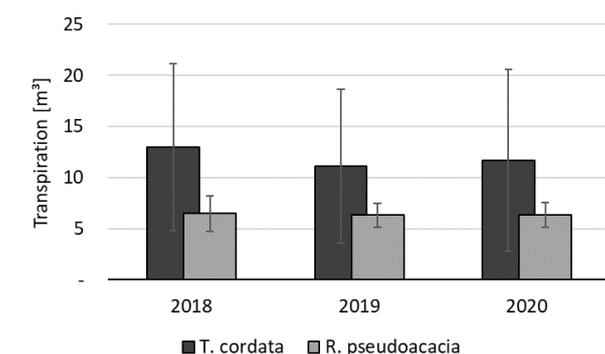
### 1. Klima

Die drei Messjahre (2018, 2019, 2020) waren alle sehr warm und trocken. Besonders das Jahr 2018 fiel durch eine sehr hohe Zahl an Hitze- und Sommertagen sowie Tropennächten auf (Abb. 3). Die Innenstadtbereiche heizten sich dabei deutlich stärker auf als die Außenbezirke, so dass in der Spitze Wärmeinseleffekte von über 8 K gemessen wurden.

Die Niederschläge waren ebenfalls stark reduziert und fielen oft als schwache, wenig ergiebige Regenschauer. Deutlich messbar war an heißen Tagen der Kühlungseinfluss der Bäume auf die Umgebungstemperatur mit über 3 K niedrigeren Lufttemperaturen. Insgesamt zeigt sich, dass besonders an windschwachen Tagen sich das Stadtzentrum tagsüber stark aufheizen kann und somit insbesondere in den Abendstunden ein ausgeprägter Stadtklimaefekt vorhanden ist.

### 2. Stadtgrün

Der Jahreszuwachs war bei Robinien drei Mal so hoch als bei Winterlinden. Großen Einfluss auf den Zuwachs hat der Standort, insbesondere die Bodenversiegelung und die Wasserverfügbarkeit, aber auch das Baumalter. Für beide Baumarten wurden unterschiedliche Wachstumsverläufe gefunden. So begann das Stammwachstum der Robinien früher als das der Winterlinden, ebenso ist dessen Dauer bei Robinien mehr als doppelt so lang wie bei den Winterlinden. Dies ist bemerkenswert, da Winterlinden frühere Blattaustriebe zeigen als Robinien. Während also bei der Robinie zunächst die Leitungsbahnen gebildet werden (Stammwachstum), bildet die Winterlinde erst die Blätter aus (Blattaustrieb).

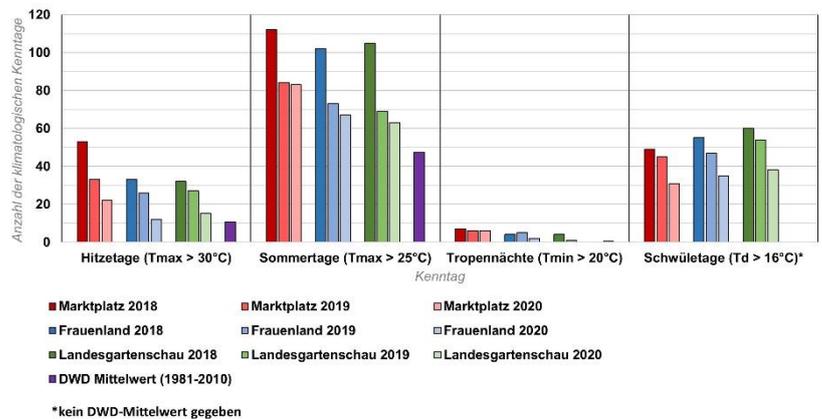


**Abb. 4: Transpiration von Winterlinden und Robinien im Vergleich**

Einen großen Einfluss hat weiterhin die Baumart. Während das Wachstum, die CO<sub>2</sub>-Fixierung und die Sauerstofffreisetzung bei Robinien höher ist als bei Winterlinden, ist der Wasserverbrauch und die Kühlleistung bei Winterlinden höher (Abb. 4).

In einem ersten Ansatz wurde aufgezeigt, dass mit dem Modell CityTree das Wachstum und die Ökosystemleistungen auf einem gesamten Platz hochskaliert werden kann. Hierbei wurde errechnet, dass z. B. die Bäume am Paradeplatz 11,2 Tonnen Biomasse speichern, maximal 2.574 m<sup>2</sup> beschatten und im Durchschnitt 13,7 W m<sup>-2</sup> kühlen.

## Klimatologische Kenntage in Würzburg



**Abb. 3: Klimatologische Kenntage in 2018, 2019 und 2020**

### 3. Mikroklima

Die Wasserverfügbarkeit der Bäume ist elementar für deren Wachstum, insbesondere bei Trockenheiten. Winterlinden zeigten einen Biomassezuwachs von 0,5 kg Trockenmasse TM pro m<sup>3</sup> Wasserverbrauch, während Robinien pro m<sup>3</sup> Wasser um 3,6 kg TM wuchsen. Winterlinden sind auf hochversiegelten Flächen um bis zu 65 % weniger effizient bei geringeren Bodenversiegelungen. Für Robinien wurden dagegen nur geringe Standortunterschiede in der Wassernutzungseffizienz beobachtet.

Während die Höhe des Zuwachses eng mit der Wasserversorgung des Baumes verknüpft ist, wird die Phänologie wie die Blattform oder der Beginn des Stammwachstums klar von der Temperatur beeinflusst. 1 °C Temperaturerhöhung führte bei Winterlinden zu einem früheren Beginn des Stammwachstums von 8 Tagen. Das Ende der Hauptwachstumsphase verfrüht sich pro 1 °C Temperaturerhöhung um 12 Tage, so dass sich insgesamt die Dauer der Hauptwachstumsphase pro 1 °C Temperaturerhöhung um 4 Tage verkürzt.

Mit einem um 35 % höheren Blattflächenindex verhinderten die Baumkronen der Winterlinde im Vergleich zu Robinien eine höhere einfallende Strahlung und ermöglichten eine bessere Abkühlung unter der Krone. Auch transpirierten die Winterlinden deutlich mehr Wasser als die Robinien, was zu einer Reduktion der Lufttemperatur innerhalb des Kronendaches von bis zu 2,8 °C führte (Robinie: 1,9 °C). Die physiologisch äquivalente Temperatursenkung war daher im Kronenraum von Winterlinden bis zu 11 °C niedriger, während der maximale Unterschied nur 4 °C bei den Robinien betrug (Abb. 5).

Schließlich zeigten die Untersuchungen die Bedeutung der städtischen Topographie, wie z. B. die Orientierung der Straßen, der Gestaltung der Freiflächen und der umgebenden Bebauung. Sie beeinflussen die Windgeschwindigkeit und den menschlichen thermischen Komfort im Freien. Vom dicht bebauten Zentrum bis hin zu vorstädtischen Gebieten mit geringerer Bebauungsdichte sinkt die Lufttemperatur, während die Windgeschwindigkeit zunimmt. Die erhöhte Bodenverdichtung führt zusammen mit der verringerten Bodenfeuchtigkeit zu geringeren Transpirationswerten der Bäume.

### Schlussfolgerungen

Das vorgestellte Projekt vereint in einer bisher einzigartigen Weise die kleinräumige Messung von Stadtklima mit zeitgleichen physiologischen Messungen an Stadtbäumen, die die stadtklimatologischen Erhebungen ergänzen und hinsichtlich der von Stadtbäumen offerierten Ökosystemleistungen wie CO<sub>2</sub>-Bindung und Kühlleistung auf einen zentralen Aspekt des innerstädtischen Klimamanagements abzielen.

Durch grüne Infrastruktur, insbesondere durch Bäume können die thermischen Bedingungen in Städten deutlich verbessert werden. Eine große Rolle für das thermische Komfortempfinden des Menschen spielt - wie gezeigt - die Verschattung und die Verdunstung, die entscheidend von der Baumart als auch von der Baumdimension und dem Pflanzschema abhängt.

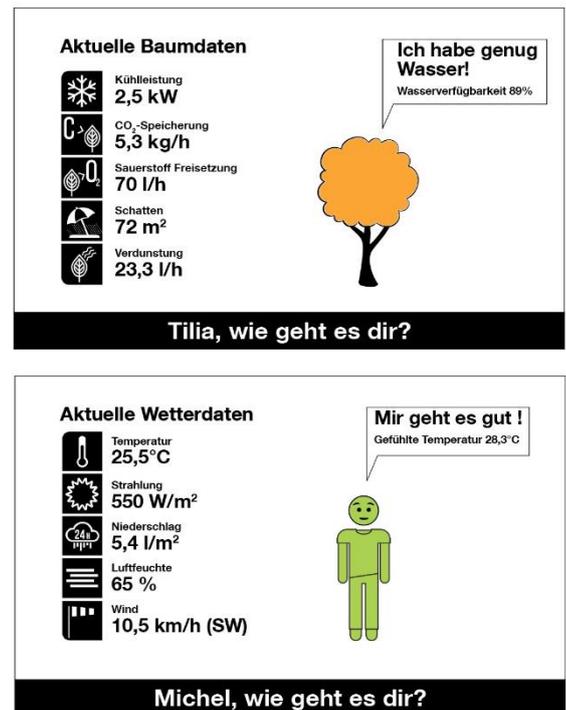


Abb. 5: Bedingungen am Standort Baum und der Komfort des Menschen unter Stadtbäumen

**Folgende Empfehlungen für die Verwendung von Bäumen zur Klimawandelanpassung lassen sich ableiten:**

- 1. Über befestigten Oberflächen wie Asphalt sollten an stark hitzebelasteten Standorten möglichst dichtlaubige Baumarten (wie z. B. Winterlinden) verwendet werden, um die Sonneneinstrahlung zu minimieren. Baumarten mit dichter Belaubung vermögen durch eine Reduzierung der Strahlung sowie durch hohe Verdunstungsraten die Umgebung deutlich abzukühlen und so den thermischen Komfort des Menschen positiv zu beeinflussen. Voraussetzung ist eine hinreichend gute Wasserversorgung der Bäume.**
- 2. Über Grasflächen wie z. B. in Parks bieten Baumarten mit lichten Kronen wie z. B. Robinien durch hohe Verdunstungsleistungen nicht nur der Bäume, sondern auch der Grasflächen gute Voraussetzungen, das thermische Komfortempfinden des Menschen zu vergrößern. Zudem wird dabei die Durchlüftung weniger stark behindert. Auch Gruppenpflanzungen erhöhen den thermischen Komfort für den Menschen deutlich gegenüber Einzelbaumpflanzungen.**
- 3. Bäume mit hoher Transpirationsleistung sind zu bevorzugen, wenn die Wasserversorgung gewährleistet werden kann. Bei eingeschränkter Wasserverfügbarkeit sind trockenheitsangepasste Baumarten zu verwenden, die ihren Wasserverbrauch besser regulieren können.**
- 4. Die Durchlüftung ist ein entscheidender Faktor für das thermische Komfortempfinden und ist in der Gestaltung von Freiflächen zu fördern bzw. sollten Strömungshindernisse vermieden werden.**
- 5. Weiterhin sollte die Oberflächenversiegelung und die Bodenverdichtung möglichst gering und das Wasserspeichervermögen des Bodens möglichst groß gehalten werden, um die Verdunstung und das Wachstumspotenzial der Bäume zu erhöhen, wodurch die Ökosystemleistungen der Bäume wie z. B. CO<sub>2</sub>-Fixierung, Sauerstofffreisetzung oder Kühlleistung maximiert werden können.**