

Bewässerungsempfehlungen für Stadtbäume

Irrigation Recommendations for City Trees

von Martin Schreiner, Barbara Jäckel, Falk Böttcher, Jürgen Müller,
Alexander Block und Alice Künzel

Zusammenfassung

Von 2018–2021 bearbeitete das Pflanzenschutzamt Berlin in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wetterdienst und dem Naturwissenschaftlichen Verein Eberswalde e. V. das aus dem Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm 2030 geförderte Projekt zur Möglichkeit zur Wasserhaushaltsmodellierung von ausgewählten Stadtbäumen zur optimierten Bewässerungssteuerung. Hierfür wurde ein Wasserhaushaltsmodell aus dem Agrarsektor, unterstützt durch verschiedene Messkampagnen für Stadtbäume, angepasst und einer praxisnahen Testphase in 2021 unterzogen. Es zeigte sich, dass die hierbei entwickelte Wasserhaushaltsmodellierung, neben sensorgestützten Systemen, als ein weiteres Instrument zur effizienten Bewässerungssteuerung urbaner Flächen und Anlagen eingesetzt werden kann.

Summary

From 2018–2021, the Berlin Plant Protection Office, in cooperation with the German Meteorological Service and the Natural Science Association Eberswalde e.V., worked on a project funded by the Berlin Energy and Climate Protection Program 2030 on the possibility of modeling the water balance of selected city trees for optimized irrigation control. For this purpose, a water balance model from the agricultural sector, supported by various measurements for urban trees, was adapted and subjected to a practical test phase in 2021. It turned out that the developed water balance modeling, in addition to sensor-based systems, can be used as a further instrument for efficient irrigation control of urban areas and systems.

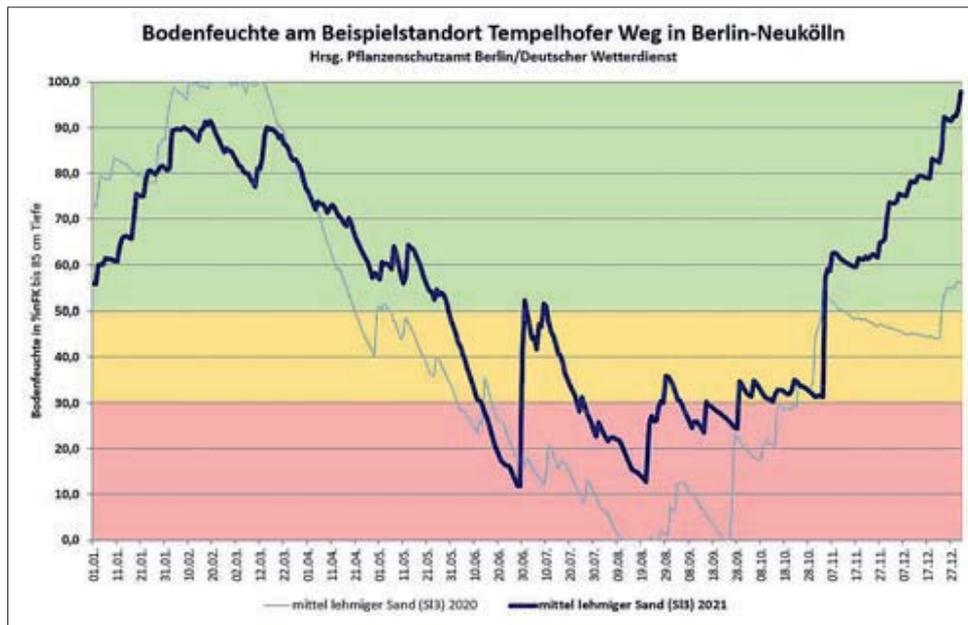
1 Einleitung

Die veränderten Klimabedingungen stellen sämtliche Akteure des Stadtgrüns vor große Herausforderungen. Um auch weiterhin gesundes und funktionales Stadtgrün zu erhalten und nachhaltig zu gestalten, ist besonders der Wasserhaushalt von Bäumen von Belang. Die vergangenen Jahre haben gerade im nordöstlichen Tiefland gezeigt, dass viele Stadtbäume unter massivem Dürrestress mitsamt nachfolgenden Begleitscheinungen leiden (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz 2020). Es wird zunehmend schwieriger, Jungbäume erfolgreich zu etablieren – insbesondere nach Beendigung der meist 3-jährigen Entwicklungspflege. Der effizienten Verwendung der

Ressource Wasser kommt hierbei eine Schlüsselfunktion zu – gerade vor dem Hintergrund der verminderten Grundwasserneubildung und damit verbunden eines Absinkens des Grundwasserstandes der letzten Jahre im Berliner Raum (NESTLER 2019; Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz 2021).

Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, gilt es einerseits, praxisnahe Konzepte für ein nachhaltiges und bedarfsorientiertes Bewässerungsmanagement zu entwickeln, gleichzeitig jedoch auch mehr fundierte Informationen zum Wasserhaushalt von klimatoleranten Baumarten zu erarbeiten, um deren Verwendung im Stadtgrün bestmöglich zu sichern. Beide Aspekte sind Gegenstand des von Herbst 2018 bis 2021

Abbildung 1:
Bewässerungsampel
zur modellierten
Bodenfeuchte in
Berlin 2021



durchgeführten Projekts „Wasserhaushaltsmodellierung zur Erhöhung der Resilienz von Straßenbäumen in Berlin“, gefördert durch das Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm 2030. Kooperationspartner waren das Pflanzenschutzamt Berlin, der Deutsche Wetterdienst (DWD) und der Naturwissenschaftliche Verein Eberswalde e. V. Eine zentrale Frage innerhalb des Projekts war, ob es möglich ist, anhand von Modellberechnungen standort- und (baumarten)spezifische Bewässerungsempfehlungen für Stadtbäume zu entwickeln, die auch praxistauglich sind?

2 Material und Methoden

2.1 Vorversuch Wasserhaushaltsmodellierung von Straßenbäumen in Berlin

Im Rahmen einer Bachelorarbeit an der HAWK in Göttingen in Kooperation mit dem Deutschen Wetterdienst

1) METVER ist „[...] ein Einschicht-Bodenfeuchtemodell mit zwei Sektoren im Boden, einem Entzugssektor und einem Nachlieferungsektor“ und wurde 1987 entwickelt. Der Entzugssektor entspricht dem Raum der Hauptdurchwurzelungszone (ZD). Dieser Zone werden 60 % der nFK der Ausschöpfungsschicht (ZG) zugeordnet. Der darunterliegende Nachlieferungsektor enthält 40 %. Aus der Ausschöpfungsschicht beziehen die Pflanzen ihr Wasser. Der physikalische Kern von METVER ist die Verdunstungsbeziehung nach TURC/WENDLING.

aus dem Jahr 2017 wurde ein erstes Modell auf Basis der Modellierung METVER¹ zum Wasserhaushalt einer Winter-Linde (*Tilia cordata*) mit festgelegten Parametern entwickelt (RIMKUS 2017). Bei den Parametern handelt es sich um gemessene und prognostizierte Klimadaten (Niederschlagsmengen, Temperatur, Luftfeuchte, Wind, Strahlung), Bodenart nach KA5, Phänologiedaten und Blattflächenindex (Leaf Area Index = LAI) (MÜLLER 1987).

Dieses Modell wurde zunächst am Endstandort mittels Saugspannungswerten des Bodens (Watermark) in zwei Tiefenstufen (40 cm und 80 cm) an mehreren Untersuchungsbäumen überwacht, um Rückschlüsse der Modellierung auf das tatsächlich pflanzenverfügbare Wasser (nutzbare Feldkapazität = nFK) zu bekommen, also den Bereich zwischen Feldkapazität (FK) und Welkepunkt (WP) (THON 2016). Nach einem Jahr konnte das Modell mehrfach validiert werden, sodass die Kurve im Juni 2018 für jedermann abrufbar als „Bewässerungsempfehlung für Stadtbäume in Berlin“ auf der Webseite des Pflanzenschutzamtes Berlin online ging. Während der Vegetationsperiode wird die sog. Bewässerungsampel (Abbildung 1) zweimal wöchentlich aktualisiert, außerhalb der Vegetationsperiode einmal wöchentlich.

Auf Grundlage der bisherigen Modellierung wurde für das Projekt der Bodenwasserhaushalt von insgesamt fünf Baumarten in der Jugend- und Reifephase auf

Tabelle 1: Beschreibung der Straßenbaumstandorte zur Erfassung der Basisdaten, Berlin 2019:

FK = Feldkapazität (Maximale Menge an Wasser, die ein Boden gegen die Schwerkraft halten kann. Dies beinhaltet sowohl pflanzenverfügbares als auch nichtpflanzenverfügbares Wasser = Totwasser.), WP = Welkepunkt syn. PWP = Permanenter Welkepunkt (Ab diesem Punkt sind im Boden nur noch Feinporen (< 0,2 µm) mit Wasser gefüllt. Dieses Wasser kann nach allgemeiner Auffassung von Kulturpflanzen nicht mehr aufgenommen werden und die Pflanze welkt.) (THON 2016)

Beschreibung Verbraucher und Standort				Bodenphysik		
Baumart	Standjahr	Standort 1	Standortbeschreibung	Bodenart	FK (Vol.%)	WP (Vol. %)
<i>Quercus robur</i>	35	Buckower Damm	ca. 8 m breiter durchgängiger Mittelstreifen	Sl3	27,0	9,0
<i>Quercus frainetto</i>	5	Neue Späthstraße	1,5 m breiter durchgängiger Seitenstreifen	Rotgrand compact	22,3	4,1
<i>Sophora japonica</i>	10	Karl-Marx-Straße	4,0 x 1,5 m Baumscheibe, Straßenrand Gehweg	Rotgrand compact	22,3	4,1
<i>Tilia cordata</i>	35	Tempelhofer Weg	ca. 2,0 m breiter durchgängiger Mittelstreifen	Sl3	27,0	9,0
<i>Ulmus x Resista</i> [®] 'New Horizon'	10	Glienicker Weg	4,5 m breiter durchgängiger Mittelstreifen	Sl3	27,0	9,0

unterschiedlichen Böden im Berliner Straßenraum erarbeitet (Tabelle 1). Die Auswahl der Baumarten erfolgte nach Gesichtspunkten des aktuellen und zukünftigen Straßenbaumbestandes von Berlin. Hierbei spielen bislang *T. cordata* und *Q. robur* eine zentrale Rolle. *Styphnolobium japonica*, *Quercus frainetto* und Resista[®]-Ulmen gewinnen als sog. Zukunftsbaumarten in Berlin zunehmend Bedeutung – so erhöhte sich z. B. der Anteil gepflanzter Resista[®]-Ulmen im öffentlichen Grün Berlins im Zeitraum von 2014–2021 um rund 70 % (Pflanzenschutzamt Berlin 2021).

2.2 Datenerhebung

An den genannten Standorten wurden mehrjährige Messkampagnen mit unterschiedlicher Messtechnik durchgeführt. So wurden zur Überwachung des Bodenwasserhaushaltes sowohl Tensiometer (Typ: Watermark, Fa. irrometer, Kalifornien, USA) an je fünf Bäumen pro Standort in je drei Tiefen (-30, -60, -90 cm) 1,0 bis ca. 1,5 m vom Stamm entfernt eingebaut. Die Erfassung der Saugspannungswerte erfolgte ab Anfang

März 2019 einmal wöchentlich während der Vegetationsperiode. Zusätzlich wurde zur volumetrischen Bestimmung des Bodenwasserhaushaltes und Abgleich mit den Saugspannungswerten ab Oktober 2019 auch je Standort eine FDR-Rohrsonde (Typ: Sentek, Sentek Sensors Technologies, Stepney South, Australia), angrenzend am Einbaustandort der Tensiometer verwendet.² Letztere misst in 10 cm-Abschnitten neben der Bodenfeuchte (Vol.-%) auch die Bodentemperatur (°C) und die Salinität (VIC = volumetric ion content) bis in eine Tiefe von 90 cm in stündlicher Auflösung.

Neben den Bodenwerten wurde auch die phänologische Entwicklung der Bäume begutachtet und ausgewertet. Hierfür ist die Kronenentwicklung und Belaubung im Frühjahr sowie die Blattfärbung im Herbst von entscheidender Bedeutung. Die phänologische Entwicklung im Frühjahr wurde wöchentlich in Anlehnung an den Phänologieschlüssel für Waldbäume (MLUV, Landeskompe-

2) An einem im Frühjahr 2020 gepflanzten Jungbaum wurde ab 2021 im Zuge der Testphase eine FDR-Sonde direkt in den Ballen eingebaut.

Abbildung 2:
Bodenfeuchte im Vergleich METVER, AMBAV und Messung unter *Tilia cordata* (bewässert, Tempelhofer Weg), Berlin 2020

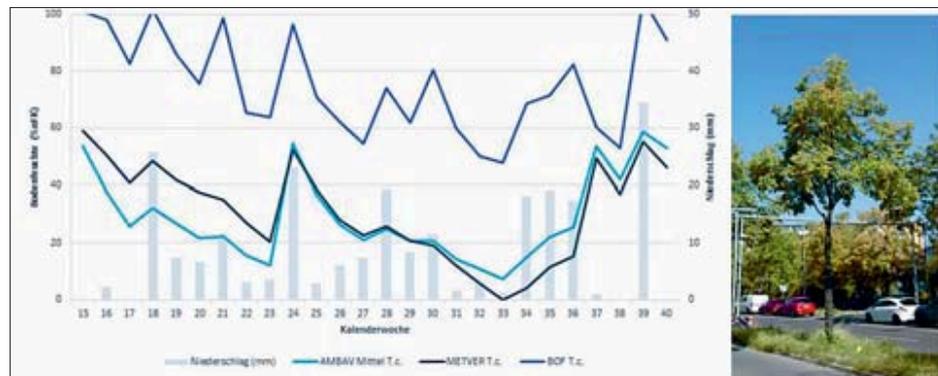
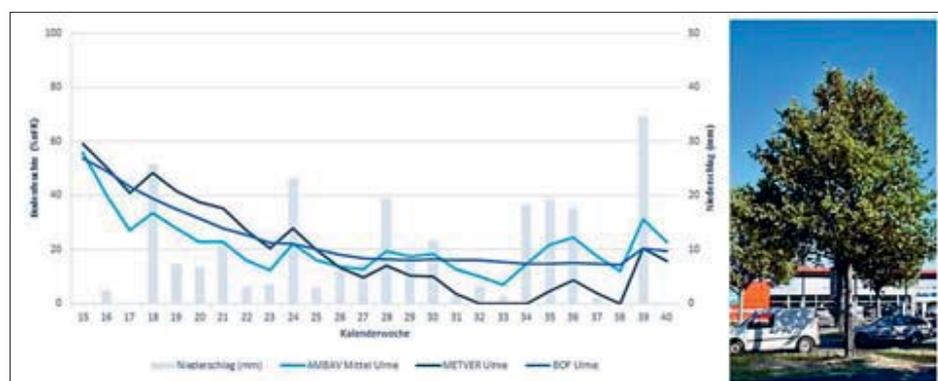


Abbildung 3:
Bodenfeuchte im Vergleich METVER, AMBAV und Messung unter *Ulmus Resista*® 'New Horizon', Berlin 2020



tenzzentrum Forst Brandenburg 2009) erfasst und fotografisch dokumentiert. Die meteorologischen Daten stammten von der DWD-Station Berlin-Tempelhof.

Darüber hinaus fanden Untersuchungen zum Wasserhaushalt und zur Wachstumsdynamik der Baumarten *Quercus frainetto* und *Tilia cordata* auf der Lysimeterstation Drachenkopf in Eberswalde statt (SCHREINER et al. 2021). Jeweils drei Lysimeter wurden doppelt mit *Quercus frainetto* und *Tilia cordata* bepflanzt. Die Bäume wiesen zur Zeit der Pflanzung Qualitäten von 6-8 cm (*Q. frainetto*) und 8-10 cm Stammumfang (*T. cordata*) auf. Die bodenkundliche Untersuchung ergab für die bepflanzen Lysimeter nach der bodenkundlichen Kartieranleitung KA 5 einen Sandboden (Ss) mit einer Feldkapazität von 14,0 Vol.-% und einem Welkepunkt bei 5,0 Vol.-% (SPONAGEL 2005).

2.3 Wasserhaushaltsmodell AMBAV

Diese Messungen, welche in Berlin und in Eberswalde erfolgten, bilden die Grundlage für die Festlegung der pflanzenphysiologischen Inputparameter, die zusam-

mengefasst als K_c -Faktoren dem Beratungssystem (www.agrowetter-beregnung.de) zur Bewässerung der Stadtbäume bereitgestellt werden sollten. Das Beratungssystem basiert auf dem Bodenwasserhaushaltsmodell AMBAV (Agrarmeteorologisches Modell zur Berechnung der aktuellen Verdunstung), welches das Standardmodell für die Wasserhaushaltsmodellierung des DWD im Bereich der agrarmeteorologischen Beratungsroutine ist. Es handelt sich hierbei um ein Prognose-Modell auf Grundlage der Penman-Montheth-Gleichung, der Energiebilanzgleichung sowie der Wasserhaushaltsgleichung. Die Wasserbewegung in einem ungesättigten Boden wird durch die Richards-Gleichung beschrieben und basierend auf dieser Grundlage wird die Bodenwasserdynamik mittels eines mechanistischen Modells in AMBAV berücksichtigt. Weitere Randbedingungen sind charakteristische Bodenkenngrößen des entsprechenden Bodens (Feldkapazität, Welkepunkt, Bodendichte). Ferner wird im Modell die phänologische und morphologische Entwicklung der Pflanzen berücksichtigt.

Als Input-Daten dienen meteorologische, bodenbezogene und kulturspezifische Daten. Bei den meteorolo-

gischen Daten werden Niederschlags-, Temperatur-, Globalstrahlungs-, Windgeschwindigkeits- und relative Luftfeuchtwerte benötigt. Eine ausführliche Beschreibung des Modells AMBAV findet sich auf der Webseite des DWD sowie in LÖPMEIER (1994).

2.4 Datenauswertung

Die im Projektzeitraum erhobenen Daten zum Bodenwasserhaushalt und zur Phänologie wurden zunächst in einer Datenbank gesammelt, aus der anschließend die Modellierung gespeist wurde. In den Jahren 2019 und 2020 erfolgte ein regelmäßiger Abgleich der Modellierung AMBAV sowie METVER mit den gemessenen Bodendaten, um ggf. Anpassungen an der Modellierung durchführen zu können. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen exemplarisch die Kurven für 2020 an den Baumarten *Tilia cordata* und *Ulmus Resista*® 'New Horizon'.

3 Agrowetter-Beregnung für Stadtbäume in der Anwendung

Mit Beginn der Vegetationsperiode 2021 wurde zum 1. März in einer Testphase mit vier Straßen- und Grünflächenämtern der Berliner Bezirke sowie durch das Pflanzenschutzamt Berlin die Modellierung einzelnen Referenzbäumen eingesetzt. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die Testphase des Pflanzenschutzamts Berlin:

Die Modellierung wurde für drei Eichen (*Quercus bicolor*, Abbildung 4) und eine Winter-Linde (*Tilia cordata*, Abbildung 5) eingesetzt (Tabelle 2). Während es sich bei den Eichen um eine Lückennachpflanzung im öffentlichen Straßenland Berlin-Neuköllns handelt, ist die Winter-Linde ein frei stehender Untersuchungsbaum auf dem Versuchsgelände des Pflanzenschutzamts Berlin. Die beiden Baumarten stehen Luftlinie rund 250 m voneinander entfernt, so dass die Niederschlagskennwerte der zugeordneten DWD-



Abbildung 4: *Quercus bicolor*



Abbildung 5: *Tilia cordata*

Tabelle 2: Kennwert-Tabelle der Untersuchungsbäume zur Erfassung der Standzeit der Bäume und Bodenphysik

Baumart	Pflanzgröße	Pflanzzeitpunkt	Pflanzgrubengröße	Substrat	Bodenphysikalische Kennwerte
<i>Quercus bicolor</i>	20-25, 3xv	IV/2020	4,0 m ³	SaGeMa Baumsubstrat	FK: 33,1; WP: 10,1 Vol.-%
<i>Tilia cordata</i> 'Merkur'	20-25, 3xv	XI/2019	1,5 m ³	Rotgrand compact	FK: 22,3; WP: 4,1 Vol.-%

Wetterstation Berlin-Tempelhof miteinander vergleichbar sind.

Im Vorfeld müssen zur Berechnung der nutzbaren Feldkapazität für die modellierte Baumart noch die Kennwerte Bodenart, max. Bewurzelungstiefe, Art der Bewässerung, Wetterstation sowie die Startbodenfeuchte im Modell eingegeben werden. Zudem gilt es, während der Vegetationsphase auch zeitnah Angaben zur phänologischen Entwicklung des Baumes (insgesamt sechs Phasen sind einzupflegen) und zum präferierten Schwellenwert der nFK, ab dem eine Beregnungsempfehlung ausgesprochen werden soll, zu tätigen. Für Jungbäume im ersten Standjahr wäre ein Bereich zwischen 40 und 50 % nFK sinnvoll, da sich zu diesem Zeitpunkt der Jungbaum noch vorwiegend aus der im Ballen befindlichen Wurzelmasse versorgt und dessen Austrocknen vermieden werden muss. Mit zunehmender Standzeit ≥ 2 Jahre wären 30 % nFK in Anlehnung an THON 2016 ein praktikabler Kennwert. Ab Unterschreiten dieses Kennwerts wird allgemein davon ausgegangen, dass die Pflanze unter Trockenstress gerät.

Da Agrowetter-Beregnung als internetbasierte Anwendung ihren Ursprung im Agrarsektor und somit für Feldkulturen hat, wird ab dem ersten Tag der Schwellenwertunterschreitung eine Bewässerungsempfehlung in Litern ausgesprochen, die lediglich dafür sorgt, dass die nFK wieder über den eingestellten Schwellenwert steigt. Zur Berechnung einer praxisnahen Bewässerungsempfehlung für Stadtbäume ist es daher denkbar, weitere 1-2 Tage abzuwarten, in denen der Boden weiter abtrocknet, da in der Regel³ eine punktuelle Bewässerungsgabe je nach Baumgröße in der

3) Dies gilt für typische Wassergaben der Berliner Straßen- und Grünflächenämter während der Entwicklungspflege.

Größenordnung von 100 Litern oder mehr erfolgt, sodass hierdurch die modellierte nFK wieder deutlich über den eingestellten Schwellenwert ansteigt. Idealerweise sollte sich die verabreichte Bewässerungsmenge nach der Aufnahmekapazität (Feldkapazität) des Bodens bzw. Substrates richten.

Ein zeitnahes Einpflegen des Bewässerungszeitpunkts (Datum) und der verabreichten Bewässerungsmenge bezogen auf Quadratmeter Bodenoberfläche ist zur korrekten Bedienung der Anwendung notwendig. Routinemäßig werden dann bei der eingepflegten Bewässerungsmenge 10 % aufgrund prognostizierten Oberflächenabflusses und Evaporation des Bodens vom Programm abgezogen, sodass bei einer eingepflegten Wassergabe von 100 l/m² eine netto Beregnungsmenge von 90 l/m² angezeigt wird.

In unserer Testphase wurden die Schwellenwerte bei beiden Baumarten in den ersten beiden Phänologiephasen (bis 50 % Blattaustrieb) auf 40 % nFK eingestellt, anschließend für den Rest der Vegetationsperiode auf 30 % nFK. Für unseren Testbaum *Tilia cordata* 'Merkur' waren somit in 2021 zwei Bewässerungstermine mit je 200 Litern Bewässerungsgaben nötig. Es konnten während der Testphase keine optischen Symptome wie Blattwelke, -verbräunungen oder vorzeitiger Laubwurf festgestellt werden. Gleiches gilt für die modellierten Jungeichen.

Zu letzteren gab es im gleichen Straßenabschnitt noch eine Kontrollgruppe zeitgleich gepflanzter Eichen unter identischen Bedingungen hinsichtlich Pflanzgrubengröße, verwendetem Substrat und Pflanzgröße. Diese wurden im Auftrag des zuständigen Straßen- und Grünflächenamtes Berlin-Neukölln durch einen Garten- und Landschaftsbaudienstleister im Rahmen der Entwicklungspflege bewässert.

Tabelle 3 zeigt die Anzahl durchgeführter Bewässerungsgänge und -mengen nach der Empfehlung von Agrowetter-Beregnung im Vergleich zu den regulär bewässerten Jungweiden vonseiten des Straßen- und Grünflächenamtes Neukölln. Gut erkennbar anhand des Messdiagramms ist die Reaktion der Bodenfeuchte auf einen Bewässerungsgang am 10.06.2021 (Abbildung 6). Das obere Diagramm zeigt die Durchfeuchtung der einzelnen 10 cm-Bodenschichten in zeitlicher Auflösung bis in eine Tiefe von 90 cm. Das untere Diagramm zeigt den Anstieg der Summe aller Schichten zum gleichen Zeitpunkt. Die verabreichte Wassermenge von 120 l wird anhand der Sonde im Ballen nahezu vollständig abgebildet.

4 Diskussion

Es zeigt sich, dass die mittels AMBAV modellierten Kurven zur nutzbaren Feldkapazität im Abgleich mit den durchgeführten Messkampagnen im Boden für die untersuchten Baumarten plausibel sind und die Wasserhaushaltsmodellierung eine realitätsnahe Bewässerungsempfehlung insbesondere für Jungbäume ermöglicht. Deren Aussagekraft dürfte mit zunehmender Standzeit und höherem Alter eines Stadtbaumes – insbesondere im Straßenland – jedoch abnehmen, da gerade Straßenbäume oftmals die unterirdische Infrastruktur

Tabelle 3: Vergleich Bewässerung nach Agrowetter-Beregnung mit der Kontrollgruppe, Berlin 2021

<i>Quercus bicolor</i> nach Agrowetter-Beregnung		<i>Quercus bicolor</i> u. <i>Quercus sp.</i> nach Standardbewässerung	
Bewässerungs-termin	Bewässerungs-menge in l	Bewässerungs-termin	Bewässerungs-menge in l
28.04.2021	100	17.05.2021	150
10.06.2021	120	01.06.2021	150
18.06.2021	120	10.06.2021	200
29.07.2021	120	14.06.2021	200
19.08.2021	120	23.06.2021	200
24.09.2021	100	14.07.2021	300
		02.08.2021	300
		28.08.2021	200
		24.09.2021	200
= 6 Termine	= 680 Liter	= 9 Termine	= 1900 Liter



Abbildung 6: Diagramm der Bodenfeuchteveränderung infolge einer Bewässerungsgabe von 120 Litern an *Quercus bicolor* am 10.06.2021, Sonde wurde durch den Lehmballen eingebaut.

mit ihren Wurzeln nutzen und hierdurch den mittels Substrat definierten Wurzelraum verlassen. Zudem wird durch Tiefbaumaßnahmen die Wurzelausträgung gestört, wodurch sich Veränderungen der Wurzelarchitektur ergeben (STRECKENBACH 2010). Hinsichtlich der METVER-Kurven zeigten sich größere Unterschiede zwischen modellierter und gemessener Bodenfeuchte, da mittels METVER zunächst eine Bestandsaufnahme der Anpassungsnotwendigkeiten der Modellierung erarbeitet wurde. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse flossen in die Anpassung des Modells AMBAV an die Untersuchungsgehölze während der Projektphase ein, denn das Projektziel war es, das AMBAV-basierte Beratungstool Agrowetter-Berechnung für den Einsatz bei Stadtbaumarten zu qualifizieren.

Für Jungbäume hingegen in definierten Böden bzw. Substraten lassen sich insbesondere unter ähnlichen Randbedingungen (Clusterpflanzungen) hinsichtlich Windbelastung, Sonnen- und Niederschlagsexposition aussagekräftige und plausible Bewässerungsempfehlungen erzielen. Einsparungen an durchgeführten Bewässerungsgängen (Arbeitszeit, Materialeinsatz, CO₂-Einsparung durch weniger Verkehr entsprechender Bewässerungsfahrzeuge) sowie der gerade im nordöstlichen Tiefland knapper werdenden Ressource Wasser sind somit möglich. Es zeigt sich, dass die Anwendung eine praxisnahe und ressourcenschonende Alternative zu gängigen Bewässerungsmaßnahmen z. B. nach starrem 14-Tage-Turnus im Rahmen der Entwicklungspflege zulässt.

Gleichwohl sollte der Nutzer sich intensiv in die Anwendung einarbeiten, was neben der technischen Komponente des eigentlichen Programms auch die Erhebung der Eingangsparameter, insbesondere der Bodenart, Phänologiephasen der Baumarten und auch standortspezifische Aspekte (Wind- und Sonnenexposition etc.) beinhaltet. Mit zunehmender Nutzungsdauer der Anwendung und regelmäßigem Abgleich auf Plausibilität in der Praxis lassen sich hierzu wertvolle Erfahrungen für die weitere Arbeit mit der Agrowetter-Berechnung sammeln, die eine Optimierung dieser zulässt.

Im Gegensatz zu Schätzmethode zum Wasserhaushalt von Bäumen aus der Waldhydrologie (WULLSCHLÄGER et al. 1998) stellt Agrowetter-Berechnung einen umfassenderen Ansatz aufgrund der Einbeziehung zahl-

reicher relevanter bodenphysikalischer, klimatologischer und baumartenspezifischer Parameter dar.

Im Vergleich zu weiteren, in der Praxis erprobten Verfahren zur Bewässerungssteuerung mittels Tensiometern (BORGSMANN gen. BRÜSER & RIEHL 2020) ist kein zusätzlicher Verbau von Technik im Boden notwendig. Zudem entfallen Produktion und Entsorgung derselben. Gleichwohl können mikroklimatische Aspekte oder die bauliche Umgebung (Rückstrahlwärme, Wärmestau etc.), die ebenfalls Einflussfaktoren auf den Wasserhaushalt eines Stadtbaumes sind, mittels Modellierung (noch) nicht abgebildet werden.

5 Schlussfolgerungen für die Praxis

Mit der Entwicklung von Agrowetter-Berechnung für Stadtbäume ist es möglich, für die untersuchten Baumarten aussagekräftige Bewässerungsempfehlungen zu erzielen. Insofern steht dem Praktiker zukünftig neben Schätzungen der Bodenfeuchte und diversen Messtechniken zur Ermittlung der Bodenfeuchte nun ein weiteres Instrument zur effizienten Bewässerungssteuerung von Stadtbäumen zur Verfügung.

Da es sich um ein Prognosemodell handelt, werden lokale Wettervorhersagen in die Berechnung einbezogen. Hierbei kommt es ggf. zu Anpassungen der Berechnung, wenn z. B. Niederschläge nicht in dem Maße eingetroffen sind, wie sie prognostiziert wurden. Daher ist es angeraten, zur Steuerung des Bewässerungsmanagements mittels Agrowetter-Berechnung mindestens wöchentlich die Anwendung zu bedienen und dabei die zur Berechnung notwendigen Daten der phänologischen Entwicklung, der standörtlich ggf. abweichenden Niederschlagsmengen und der verabreichten Bewässerungsgaben nachzuführen. Um dies zu gewährleisten, ist eine Qualifizierung von geeignetem Personal zur routinemäßigen Bedienung der Anwendung sinnvoll.

Das webbasierte Angebot der Agroberechnung-Anwendung ist nutzbar während der Vegetationsphase im Zeitraum von 01. März bis 31. Oktober. Die gebührenpflichtige Anwendung (z. Z. beträgt diese € 80,- jährlich pro Nutzer) ist über den Webshop des Deutschen Wetterdienstes zu beziehen (https://www.dwd.de/DE/leistungen/agrowetter_berechnung/agrobereg.html)

Literatur

- BORGMANN gen. BRÜSER, A.; RIEHL, A., 2020: Bewertung der Wasserverfügbarkeit an Baumstandorten mittels Sensortechnik, Pro Baum 03/2020, 16–21.
- DWD, Deutscher Wetterdienst: AMBAV – Berechnung der Bodenfeuchte und Verdunstung. PDF, https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/ku_beratung/landwirtschaft/agrar_modelle/ambav.pdf?_blob=publicationFile&v=3 (abgerufen am 17.11.2021).
- LÖPMEIER, F.-J., 1994: Berechnung der Bodenfeuchte und Verdunstung mittels Agrarmeteorologischer Modelle. *Bewässerungs-Wirtsch* 29, 157–167.
- Ministerium für ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MLUV), Landeskompetenzzentrum Forst, 2009: Dem Klimawandel auf der Spur: Phänologische Beobachtungen an Waldbäumen. https://forst.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/fb_phae.pdf (abgerufen am 17.11.2021).
- MÜLLER, J., 1987: Verdunstung landwirtschaftlicher Produktionsgebiete in ausgewählten Vegetationsabschnitten und deren statistische, modellmäßige und kulturbezogene Bewertung. Diss., Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, S. 114 und Anlagenband.
- NESTLER, R., 2019: Berlins Grundwasser heizt sich immer weiter auf. <https://www.tagesspiegel.de/wissen/ich-mache-mir-grosse-sorgen-berlins-grundwasser-heizt-sich-immer-weiter-auf/24416078.html>.
- RIMKUS, S., 2017: Anwendung eines agrarmeteorologischen Wasserhaushaltsmodells auf Stadtbäume am Beispiel *Tilia cordata* Mill. Bachelorarbeit an der Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Göttingen, 25 S.
- Pflanzenschutzamt Berlin, 2021: Eigene Erhebung zur Verteilung von unterschiedlichen Baumarten im öffentlichen Grün Berlins auf Grundlage des Berliner Grünflächen-Informationssystems (GRIS).
- SCHREINER, M.; JÄCKEL, B.; MÜLLER, J.; BLOCK, A.; BÖTTCHER, F., 2021: Wasserverbrauch und Wachstumsdynamik von *Quercus frainetto* und *Tilia cordata*. Tagungsband 19. Gumpensteiner Lysimeter-tagung 2021, 109–116.
- Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin: <https://www.berlin.de/sen/uvk/natur-und-gruen/stadtgruen/stadtbaeume/waessern-von-stadtbaeumen/> (abger. am 17.11.2021).
- Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin: Masterplan Wasser Berlin. Zwischenbericht zum Stand der Bearbeitung vom 24.06.2021, PDF, <https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/wasser-und-geologie/masterplan-wasser/> (abger. am 17.11.2021).
- STRECKENBACH, M., 2010: Wie Substrate die Ausbreitung von Wurzeln beeinflussen. In: DUJESIEFEN, D. (Hrsg.): *Jahrbuch der Baumpflege 2010*. Haymarket Media, Braunschweig, 159–171.
- THON, A., 2016: Grundlagen der Bewässerungssteuerung. In: ROTH-KLEYER, S. (Hrsg.): *Bewässerung im Garten- und Landschaftsbau*. Eugen Ulmer, Stuttgart (Hohenheim), 105–118.
- WULLSCHLÄGER, S. D.; MEINZER, F. C.; VERTESSY, R. A., 1998: A review of whole-plant water use studies in tree. *Tree physiology* 18 (8–9), 499–512.

Autoren

M. Eng. Martin Schreiner bearbeitet im Pflanzenschutzamt Berlin im Fachgebiet Stadtgrün den Bereich Stadtbäume/öffentliches Grün und leitete das Projekt „Wasserhaushaltsmodellierung zur Erhöhung der

Resilienz von Straßenbäumen in Berlin“. *Dr. Barbara Jäckel* ist Leiterin des Fachgebiets Stadtgrün.

martin.schreiner@senuwk.berlin.de
barbara.jackel@senuwk.berlin.de

MBA Falk Böttcher ist Leiter der in Leipzig angesiedelten Arbeitsgruppe der Abteilung Agrarmeteorologie beim Deutschen Wetterdienst (DWD). *Dr. habil. Jürgen Müller* war Leiter des Bereichs Waldökologie und Biodiversität am Johann Heinrich von Thünen-Institut in Eberswalde. *B. Eng. Alexander Block* bearbeitete im Rahmen des Projekts seine Bachelorarbeit an der Beuth-Hochschule für Technik Berlin mit dem Thema „Vergleichende Untersuchungen zum Wasserhaushalt von Stadtbäumen anhand verschiedener Messtechniken“. *M. Sc. Alice Künzel* war während des Projekts Praktikantin in der Abteilung Agrarmeteorologie des DWDs.

