

Alexander  
Borgmann ge-  
nannt Brüser,  
André Riehl

# Bewertung der Wasserverfügbarkeit an Baumstandorten mittels Sensortechnik

---

**PRO** **BAUM** ZEITSCHRIFT  
FÜR PFLANZUNG,  
PFLEGE UND  
ERHALTUNG

# Bewertung der Wasserverfügbarkeit an Baumstandorten mittels Sensortechnik

Die Bodenwasserspannung als Entscheidungskriterium für Wassergaben, am Beispiel einer Alleebaumetablierung in Trier: 52 Späthsche Erlen, *Alnus x späthii*

Alexander Borgmann genannt Brüser, André Riehl

Eine bedarfsgerechte Bodenfeuchtigkeit ist für das Gelingen von Baumpflanzungen seit jeher von entscheidender Bedeutung. Klimatische Umbrüche mit zunehmend längeren Trockenperioden innerhalb der Vegetationszeit zwingen uns immer mehr dazu, das Augenmerk auf die manuelle und automatische Bewässerung von Bäumen zu richten.

Das gilt, anders als noch früher üblich, auch für Bäume in der Reife- und Altersphase, die eigentlich als voll etabliert gelten (Abb. 1).

Eine bedarfsgerechte und kostenverantwortliche Bewässerung von Straßenbäumen wird zukünftig mit einem erheblichen Ressourcenaufwand verbunden sein. Um diesem möglichst effizient zu begegnen, ist eine qualitative Bewertung der Bodenfeuchte als Steuerungsimpuls unerlässlich.

Jüngere Veröffentlichungen haben sich der Problematik bereits rechnerisch über die klimatische Wasserbilanz (Rothkleyer 2016) mittels einer Überschlagsberechnung der Kapazität beziehungsweise des volumetrischen Wasserspeichervermögens des Baumstandortes (Weltecke 2019) oder durch die Ableitung der Bodenwasserspannung über die Bodenart (Weltecke 2020) genähert.

Dieser Beitrag basiert auf mehrjährigen Praxisversuchen und soll einen Einblick in die zu Grunde liegende Theorie und den daraus resultierenden praktischen Einsatz geben. Als Entscheidungskriterium zur Bewertung der Bodenfeuchte und Steuerung von Bewässerungsgängen dient die mittels Sensortechnik gemessene Bodenwasserspannung.

## Grundlagen Bodenfeuchtigkeit

Der Feuchtigkeitszustand von natürlichen Böden oder individuell eingesetzten Substratmischungen (z. B. Baumsubstrat) kann in der Praxis mit Hilfe des volumetrischen Wassergehalts (Wie viel Liter stehen der Pflanze zur Verfügung?) oder der Bodenwasserspannung (Wie hoch ist die Kraft, welche die Pflanze aufwenden muss, um an das Wasser heranzukommen?) beschrieben werden.

Da die nutzbare Wasserspeicherkapazität stark von der Bodenart und dem Gehalt an organischer Substanz abhängt, gestaltet sich ein direkter Vergleich der Wasserverfügbarkeit bei alleiniger Betrachtung des volumetrischen Wassergehalts zwischen sich in ihrer Zusammensetzung unterscheidenden Bodenmilieus als schwierig. Selbst für Fachleute entstünde, aufgrund der Notwendigkeit einer an die jeweilige Bodenart angepassten Kalibrierung der eingesetzten Sensoren (kapazitives Messverfahren), ein erheblicher analytischer Mehraufwand bei der Bodenansprache, welcher in der Praxis kaum zu leisten ist.

Ein vorwiegend sandiger Boden (Sl2) kann lediglich zirka 25 Volumen-Prozent Wasser effektiv gegen die Schwerkraft halten. Dies entspricht einer 100-prozentigen Wasserspeicherkapazität. Der Totwasseranteil beträgt bei dieser Bodenart zirka 7 Volumen-Prozent. Somit würde 1 Kubikmeter dieses Sandbodens 180 Liter pflanzenverfügbares Wasser bereithalten. Ein durch seinen Schluff- und Tonanteil dominierter Boden (Tu3) kann im Vergleich dazu zirka 38 Volumen-Prozent Wasser gegen die Schwerkraft halten. Bei einem Totwasseranteil von zirka 25 Volumen-Prozent resultiert somit, auf 1 Kubikmeter dieser Bodenart bezogen, eine für die Pflanze nutzbare Wassermenge von 130 Litern. Vergleicht man nun den Sandboden bei 100-prozentiger nutzbarer Feldkapazität (pF 1,8) und den bis zum Totwasser geleerten tonigen Schluffboden (pF 4,2), erhält man einen identischen volumetrischen Wassergehalt von 25 Volumen-Prozent.



Abb. 1: Bürgeraufruf zum Gießen von Bestandsbäumen in Berlin-Neukölln.

Foto: 23.04.2020, T. Feigl

Dieses Beispiel verdeutlicht, dass auf Basis einer volumetrischen Wassergehaltsmessung erst die genaue Bestimmung der Bodenart und des Anteils an organischer Substanz eine quantitative Bewertung der Wasserverfügbarkeit für die Pflanze möglich macht (Weltecke 2020).

Übertragen auf Baumstandorte sind bei der Überwachung des Anwuchserfolges von Jungbäumen in den ersten Jahren der Etablierung zumindest zwei Boden- beziehungsweise Substratmilieus mit potenziell unterschiedlichen Wasserspeichervermögen zu erwarten:

1. Der lehmige Ballen, hinsichtlich der Bodenart in der Regel zwischen lehmigem Sand und sandigem Lehm angesiedelt, den der Baum aus der Baumschule mitbringt;
2. Das Baumsubstrat in der Pflanzgrube, welches oftmals aus unterschiedlichen Bezugsquellen stammt.

Auch der anstehende Boden (3. Milieu), welcher als potenziell durchwurzelbarer Raum zur Verfügung steht, gewinnt mit steigender Standzeit und fortschreitender Entwicklung des Wurzelwerks hinsichtlich der Wasserverfügbarkeit an Bedeutung.

Eine direkte Übertragbarkeit der Ergebnisse aus relevanten Bodenmilieus und Substrataufbauten bietet die Messung der Bodenwasserspannung.

### Bodenwasserspannung, Nutzbare Feldkapazität (nFK) und Permanenter Welkepunkt (PWP)

Die Bodenwasserspannung (Synonym: Matrixpotenzial des Bodens) wird als pF-Wert (pF = Potenz der freien Energie des Wassers), negativer Druck in Hektopascal (hPa), Kilopascal (kPa) oder Centibar (cbar) angegeben und beschreibt die Kraft, mit der das Bodenwasser im vorhandenen Porensystem „festgehalten“ wird. Sie ist gleichzeitig die Kraft, die von der Pflanze aufgebracht werden muss, um dem Boden oder dem Baumsubstrat Wasser zu entziehen.

Mit fortschreitender Abtrocknung des Bodens, verursacht durch Oberflächenverdunstung und Pflanzenentzug (Evapotranspiration), steigt die Bodenwasserspannung stetig an. Das verbleibende Wasser wird mit fortschreitender Abtrocknung immer stärker in den Poren gebunden. Ab dem Permanenten Welkepunkt (PWP) bei einem pF-Wert von 4,2 ist die Bindung des Restwassers in den Bodenporen so stark, dass nahezu alle hiesigen Landpflanzen der mitteleuropäischen Breiten bezüglich der Wasseraufnahme an ihre Grenzen stoßen. Die Wurzeln sind nicht mehr in der Lage der Porenmatrix das noch vorhandene Wasser zu entziehen. Die nutzbare Feldkapazität (nFK) ist somit erschöpft. Das besonders bei schweren Böden in größeren Mengen in den Feinporen verbleibende Restwasser wird als Totwasser (pF-Wert > 4,2) bezeichnet.

Bei einem pF-Wert von 1,8 wird von der größtmöglichen Wasserverfügbarkeit für die Pflanze ausgegangen. Man spricht

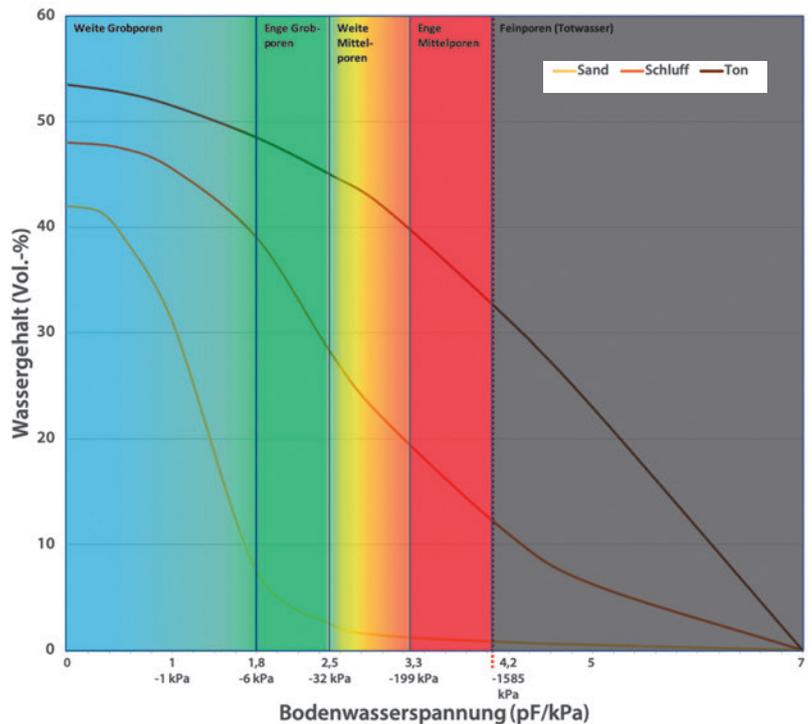


Abb. 2: pF-Kurven eines Sand-, Schluff- und Tonbodens; nach Scheffer & Schachtschabel 2018 verändert; Porenbereiche verändert nach Gaertig & Hetsch 2008. Abb.: Arbor vital

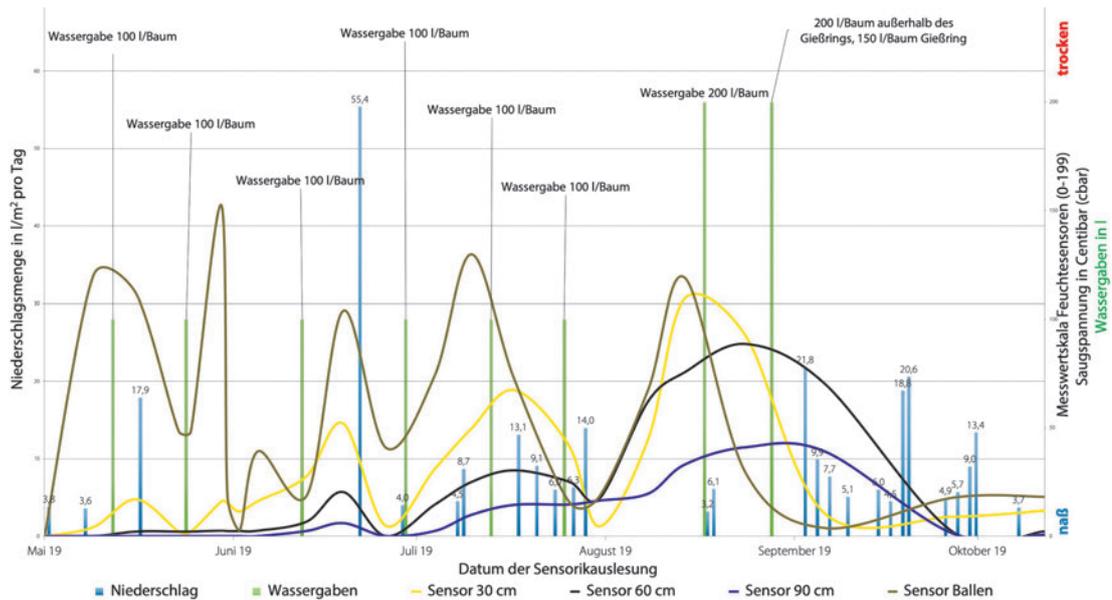
pF-Wert	Bodenwasserspannung [hPa, gerundet] (10 <sup>pF</sup> -Wert)	Bodenwasserspannung [kPa, gerundet] (hPa/10)	Bodenwasserspannung [cbar] (entspricht kPa)
0	-1	-0,1	-0,1
1	-10	-1	-1
1,5	-32	-3	-3
1,8 (100% nFK)	-63	-6	-6
2	-100	-10	-10
2,5	-316	-32	-32
3	-1.000	-100	-100
3,3	-1.995	-199	-199
4	-10.000	-1.000	-1.000
4,2 (PWP, 0% nFK)	-15.849	-1.585	-1.585

Tab. 1: Umrechnung des pF-Werts in die Einheiten: Hektopascal (hPa), Kilopascal (kPa) und Centibar (cbar). Quelle: Scheffer & Schachtschnabel 2018

von einer 100-prozentig nutzbaren Feldkapazität. Wird dieser pF-Wert unterschritten, sind bereits luftführende Poren mit Wasser gefüllt (Scheffer & Schachtschabel 2018).

Zur Umrechnung der Bodenwasserspannung von pF in Hektopascal (hPa) wird der Faktor 10 mit dem jeweiligen pF-Wert potenziert. Zur weiteren Umrechnung von Hektopascal (hPa) in Kilopascal (kPa) dividiert man durch den Zahlenwert 10. Angaben in Kilopascal (kPa) und Centibar (cbar) entsprechen dem gleichen Wert. Centibar (cbar) entspricht der Einheit Kilopascal (kPa). Es handelt sich lediglich um eine andere, in den USA gängige Einheit (s. Tab. 1).

Abb. 3: Verlauf der Wasserspannung am Standort Petrisberg in Trier, Mai bis Oktober 2019. Die deutliche Abtrocknung des Ballens wird durch den durchnässten Auswurzelungsbereich um den Ballen herum und unter dem Ballen nicht ausreichend kompensiert. Starke Niederschläge im Juli/August machten Gießgänge zum Teil überflüssig, zum Spätsommer/Frühherbst musste die Bewässerung intensiviert werden.



### Die pF-Kurve: Zusammenhang zwischen Bodenwasserspannung und volumetrischem Wassergehalt

Mit Hilfe einer individuell ermittelten pF-Kurve kann ein direkter Bezug zwischen der Bodenwasserspannung und dem volumetrischen Wassergehalt mit lediglich einer Messung, ohne Berücksichtigung der zweiten Bezugsgröße, hergestellt werden. Somit können neben Aussagen zur benötigten Kraft, die von der Pflanze für die Wasseraufnahme aufgewendet werden muss, ebenfalls Angaben zur Wasserbevorratung gegeben werden (Abb. 2).

### Praktische Anwendung und Wahl der Sensortechnik

Die Messung der Bodenwasserspannung hat gegenüber der Messung des volumetrischen Wassergehaltes den bedeutenden Vorteil der Übertragbarkeit der Ergebnisse zwischen unterschiedlichen Bodenmilieus und ist somit unabhängig von der am Standort vorliegenden Bodenart. Gleiche Messwerte für die Bodenarten Sand, Schluff, Ton oder auch Baums substrat geben eine identische Kraft an, welche die Pflanze aufbringen muss, um dem Boden Wasser zu entziehen, obgleich sich die volumetrischen Wassergehalte stark voneinander unterscheiden. Das Wissen um den volumetrischen Wassergehalt spielt somit bei der Bewertung der Wasserverfügbarkeit über die Messung der Bodenwasserspannung eine untergeordnete Rolle. Zur Minimierung der Projektkosten kann demnach, unter der Voraussetzung, dass der kapazitative Wasservorrat nicht zwingend bekannt sein muss, auf die Erstellung einer spezifischen pF-Kurve und auf eine volumetrische Messung verzichtet werden.

Die Ergebnisse der Feuchtigkeitssensoren für die Wasserspannung lassen unmittelbar auf den Versorgungsstatus des Baumes schließen – je geringer die Spannung, desto „besser geht es dem Baum“ beziehungsweise desto besser ist die Wasserversorgung des Baumes zu bewerten.

In der Fachwelt ist jedoch fraglich, ab welcher Bodenwasserspannung die Wassergabe erfolgen sollte. Aufgrund mangelhafter Aussagen zu praktikablen Grenzbereichen aus der Literatur (lediglich der PWP als K.O.-Kriterium) und bislang fehlender Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen in Hochschulen, Universitäten und weiteren Institutionen zum Projektstart Anfang 2019, soll nun ein Praxisversuch an Straßenbäumen (Alleeabäume 4xv, StU 18–20 cm) erste Erkenntnisse liefern.

Die wissenschaftliche Überprüfung und eine gegebenenfalls weitere Verbesserung der aktuellen Bewertungspraxis bei der Baumbewässerung sind somit keinesfalls hinfällig. Derzeit befindet sich eine Bachelorarbeit zu dieser Thematik im Studiengang Gartenbauliche Phytotechnologie an der Beuth Hochschule für Technik Berlin in Vorbereitung.

### Praxisversuch: Petrisberg, Trier

Im Herbst 2018 wurden zwischen Oktober und Dezember 52 Späthsche Erlen (*Alnus x späthii*), Alleebaum, 4xv, StU 18–20 Zentimeter gepflanzt. Mit dem Einsatz von Feuchtigkeitssensoren wird die Bewässerung der Gehölze in einem kooperativen Zusammenspiel durch die Verantwortlichen von StadtGrün Trier und den Autoren gesteuert.

Die Bewässerung erfolgt in Abhängigkeit zur Bodenwasserspannung. Dieser Bewertungsmethode, zugeschnitten auf die praktische Anwendung bei der Etablierung von jungen Alleeabäumen, liegen zwei einfache Gedanken zu Grunde:

1. Bodenbereiche, in denen Wurzeln zu finden sind (z. B. die Ballen-Zone), müssen zur Versorgung des Baumes lediglich „ausreichend“ mit Wasser versorgt sein.
2. Durch eine „optimale“ Wasserversorgung in einem angrenzenden, bisher nicht bis gering durchwurzelten Bodenbereich (Auswurzelungs- oder Reha-Zone) gegenüber dem bereits durchwurzelten Areal, kann eine lenkende Wir-

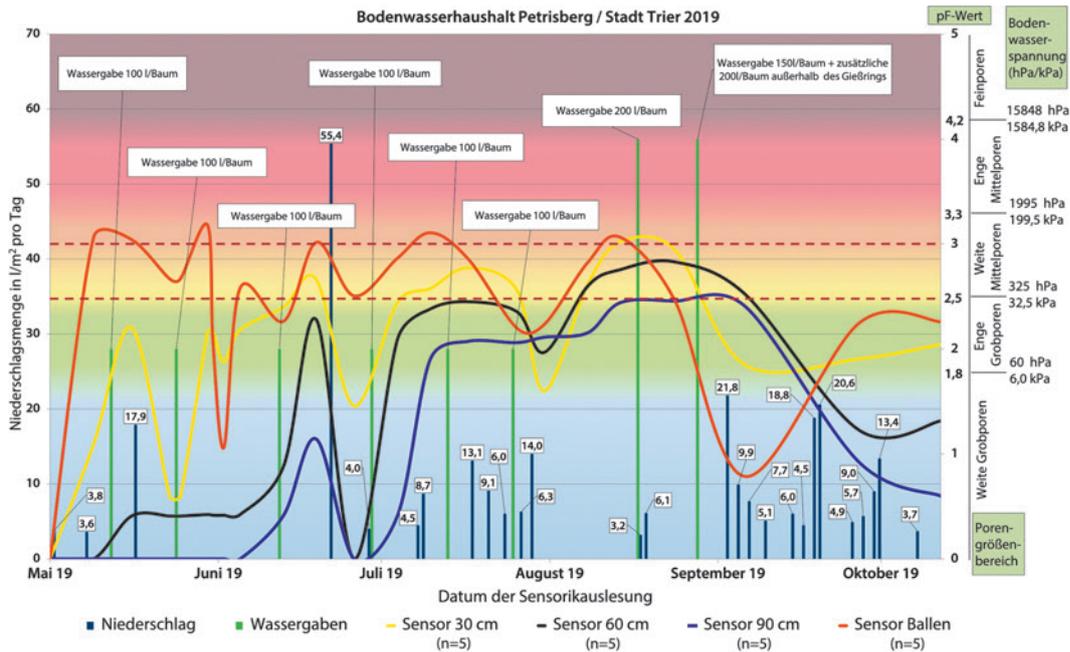


Abb. 5: Wasserspannung 0 Kilopascal bis 199 Kilopascal. Hersteller: Watermark. Vier Messbereiche: Im Ballen in 30 Zentimeter Tiefe und in der Auswurzelungszone (70 cm vom Stamm entfernt) bei 30, 60 und 90 Zentimeter Tiefe. Dargestellt werden Graphen der gemittelten Werte in identischer Einbausituation (n = 5). Insgesamt wurden 20 Sensoren verbaut. Grenzbereich Ballen bis 100 Kilopascal. Grenzbereich Auswurzelungszone bis 32 Kilopascal.

kung auf das Wurzelwachstum und eine effektivere Auswurzelung aus dem Ballen gefördert werden.

Die möglichst frühzeitige Erschließung umgebender Bodennareale und die Etablierung eines vitalen Wurzelsystems, welches sich einen möglichst großräumigen Zugriff auf Wasservorräte sichert, stehen somit im Vordergrund (Brunner 2018). Für eine bedarfsgerechte Wasserversorgung während der ersten Vegetationsperiode gilt es dennoch das Hauptaugenmerk vorerst auf die Ballen-Zone zu richten, um diese ausreichend zu versorgen. Aufgrund der Rodung in der Baumschule verbleibt ein Großteil des Feinwurzelsystems im Baumschulquartier. Der Baum hat folglich erheblich an Wasseraufnahmekapazität eingebüßt.

Die meist praktizierte Baumpflanzung mit Wurzelballen, ohne diesen zu öffnen und den Boden zu entfernen, begünstigt einen Körnungs- (u. a. Balder und Strauch 1996; Balder und Schneeweiß 2014) beziehungsweise einen Kapillarbruch zwischen dem Ballenmaterial (z. B. sandiger Lehm + Humusanteil) und dem angrenzenden Baumschulsubstrat (überwiegend mineralisch, Kiesanteil (> 2 mm) >= 40 %). Der Übergang von Wasser aus der Auswurzelungszone des Substrats in den Ballen (Hauptspot des Wasserentzugs) wird insofern durch die nicht ausreichende kapillare Verbindung dieser beiden Areale deutlich erschwert (Abb. 3). Hierdurch entsteht, wie in der gärtnerischen Praxis bekannt, die Notwendigkeit im ersten Standjahr vor allem auf den Ballen zu wässern. Im vorliegenden Fall werden Gießringe aus Kunststoff verwendet und nach Herstellerangaben (Meyer 2020) zirka 10 Zentimeter tief eingebaut (Abb. 4).

### Interpretation der Messergebnisse – Wann könnte Trockenstress beginnen?

Trockenstress von Straßenbäumen kann auf eine Vielzahl von Einflussfaktoren zurückgeführt werden. In vielen Fällen wird

dieser, neben einem akuten Mangel an pflanzenverfügbarem Wasser, verstärkt durch:

1. Eine schwache Vitalität des Gehölzes,
2. Nährstoffmangel (v. a. Kalium) und
3. Streusalzbelastung (i. d. R. NaCl).

Die Trockenstresstoleranz kann folglich durch ein komplexes Zusammenspiel vieler Faktoren bereits erheblich abnehmen. Für das Absterben des Baumes ist nun kein Erreichen des Permanenten Welkepunktes beziehungsweise ein dementsprechendes Abtrocknen des Bodens nötig – die durch Salz gestressten Linden im Mittelstreifen machen beispielsweise schon deutlich früher „schlapp“ (Stichwort: Osmotischer Stress). Das gemeinsame Einwirken verschiedener abiotischer Stressfaktoren lässt eindeutig darauf schließen, dass die durch den permanenten Welkepunkt gesetzte physikalische Grenze für die Wasseraufnahme lediglich als eine theoretische Grenze verstanden werden darf. Ein Punkt an dem unter perfekten Wuchsbedingungen „absolut nichts mehr geht“. Die Grenze, an der ein erheblicher Vitalitätsverlust bis hin zum Absterben des Baumes zu erwarten ist, muss demnach für Straßenbäume generell deutlich nach unten korrigiert werden und ist aufgrund der dort herrschenden Diversität nicht zu verallgemeinern.

Eine jüngere Veröffentlichung konnte durch die Messung des Blattwasserpotenzials an Ahorn belegen, dass gleichartige Gehölze unterschiedlicher Vitalität, bei identischen Rahmenbedingungen, verschieden starke Trockenstress-Symptome ausbilden können (Schrader et al. 2020).

Die Bewahrung und Wiederherstellung der Baumvitalität, eine bedarfsgerechte Nährstoffversorgung der Gehölze und die größtmögliche Reduzierung von Auftausalzen sind folglich, neben dem Gießen, ebenfalls Maßnahmen zur Vorbeugung von Trockenschäden und Totalausfällen in Extremjahren. Genetische Eignung (Gebietsherkünfte oder sog. „Klimabäume“)



Abb. 4: Einbau der Sensoren an fünf Gehölzen. Die Ausstattung in der Auswurzelungszone erfolgt in etwa 70 Zentimeter vom Stamm entfernt. Der Ballen-Sensor wird direkt im Ballen verbaut. Die Installation ist auch nach der Pflanzung problemlos möglich.



Abb. 6: Spätsche Erlen in der Mitte der 2. Vegetationsperiode am Endstandort. Aufnahme: 25.06.2020.



Abb. 7: Auswurzelung zu Beginn der 2. Vegetationsperiode. Nur die „tiefen Wurzeln“ konnten unter dem Ring durchwurzeln. Aufnahme: 08.04.2020.



Abb. 8: Ringwurzeln im Gießring aus Kunststoff. Oberflächennahe Wurzeln konnten nicht in das Baumsustrat hineinwurzeln und entwickelten die für überständige Containerware typischen Ringwurzeln. Aufnahme: 08.04.2020.

oder induzierte Resistenzen durch eine angepasste Aufzuchtform könnten weitere Vorteile bringen. In puncto Jungbaumetablierung ist der Etablierungsgrad, praxisnah übertragen auf die Standjahre der Straßenbäume, entscheidend.

#### Grenzwerte in praktikablen Bereichen zur Bewässerungssteuerung

Nach Abwägung weiterer Einflussfaktoren am Standort (insbesondere Konkurrenzdruck durch Vegetation, Sonneneinstrahlung und Windeinwirkung), Unterhaltungen mit Experten der Bodenkunde und eigenen, zum Teil leider auch negativen Erfahrungen bei zu niedrigen Grenzwerten, erschien den Autoren der Grenzwert von 100 Kilopascal im Bereich der Ballen-Zone und ein kontrolliert besser gesättigter Wert in der Auswurzelungszone bei 30, 60 und 90 Zentimeter Tiefe von unter 32 Kilopascal ausreichend sicher und in der Praxis umsetzbar. In Trier konnten nach diesem Schema die Gießesätze eingeleitet oder bei ausreichender Sättigung hinausgezögert werden. Leichte Überschreitungen der Grenzwerte mussten zeitweilig toleriert werden. Die Gesamtmenge belief sich auf 1150 Liter Gießwasser/ Baum und Jahr. Verglichen mit 15 Pauschalgaben à 100 Liter ergab sich eine Einsparung von gut 23 Prozent. Durch hohe Niederschläge Ende Juli/Anfang August wurden die hohen Temperaturen und die bis dato langanhaltende Trockenheit ausreichend kompensiert (Abb. 3).

Auf Basis der Bodenwasserspannungskurve (Scheffer & Schachtschabel 2018) ist mit einer Messamplitude von 0 bis 199 Kilopascal theoretisch eine Bewertung der Wasserbevorratung des Bodens/Substrates im Bereich der *Engen Grobporen* (pF-Wert 1,8 bis 2,5; 6 kPa bis 33 kPa) bis zum vollständigen Entleeren der *Weiten Mittelporen* (pF-Wert 2,5 bis 3,3; 34 kPa bis 199 kPa) möglich. Die Bewertung der *Engen Mittelporen* (pF-Wert 3,3 bis 4,2; 200 kPa bis 1585 kPa) (Gartig & Hetsch 2008), deren vollständiger Wasserentzug den Permanenten Welkepunkt (PWP, pF-Wert <4,2) markiert, ist nicht möglich.

Eine Bewertung mit Hilfe von Watermarkensensoren bis zur oberen Grenze der Messamplitude (199 kPa, pF-Wert 3,3) ist al-

lein aus Gründen der Streuung der Einzelwerte nicht praktikabel. Bei einer Wiederholung von fünf Sensoren pro Einbautiefe sind stabile Mittelwerte bis 180 kPa zu erwarten. Dieser Wert sollte jedoch als Alarmwert verstanden werden, da dort die *Weiten Mittelporen* zeitnah vollständig entleert sind und demnach lediglich die *Engen Mittelporen* wassergesättigt sind. In den im GaLaBau häufig eingesetzten, vorwiegend sandig bis lehmigen humosen Oberböden und mineralischen Baumsustraten (Pflanzgrubenbauweise 1 + 2 nach FLL) ist Trockenstress ab diesem Punkt sehr wahrscheinlich. Eine Ausnahme bilden schwere Böden mit einem sehr hohen Schluff- und Tonanteil, da in diesen Böden noch erhebliche Wassermengen in den *Engen Mittelporen* bevorratet sind (Weltecke 2020).

Der hier gesetzte Grenzwert von 100 Kilopascal im Bereich der Ballen-Zone ist praktikabel und bietet gleichzeitig ausreichende Sicherheit die Bewässerung unter Berücksichtigung der gewählten Anzahl an Feuchtigkeitssensoren zu steuern. Die Daten werden regelmäßig zum Wochenstart manuell ausgelesen (Forstingenieur T. Kimmig) und im Anschluss gemeinsam mit den Autoren bewertet und entschieden, ob gegossen oder die Bewässerung ausgesetzt wird.

Am Beispiel Trier ist die Anwenderfreundlichkeit durch die relativ wenigen Gießgänge ersichtlich. Der Grenzwert wurde nur kurzzeitig um wenige Kilopascal überschritten. Die Wassermengen wurden, nach zunächst geringen Gaben (100 l), zum Spätsommer ab Mitte August deutlich erhöht (200 bis 350 l), um die definierten Grenzbereiche nicht zu überschreiten und der Austrocknung der Auswurzelungszone (Messpunkt 70 cm vom Stamm entfernt) entgegenzusteuern. (Abb. 5).

Die Praxisexperimente zeigten, dass eine Bewässerung auf Vorrat in dieser Anwuchsphase nur bedingt möglich ist. Auch wenn der Substratkörper einen ausreichenden Wasservorrat bereithält, kann das Gehölz im ersten Standjahr davon lediglich in begrenztem Ausmaß profitieren. Der kapillare Bruch zwischen Ballen und angrenzendem Substrat und eine noch schwache Auswurzelung trennen den Baum von einer stabilen Wasserversorgung.

Zur möglichen Förderung einer guten Auswurzelung könnte ein nennenswerter Unterschied der Bodenfeuchtigkeit zwischen Ballen (ausreichende Versorgung) und Auswurzelungszone (deutlich feuchter) einen Beitrag geleistet haben.

Die Wasserversorgung bewegte sich in der Auswurzelungszone soweit wie möglich im Bereich noch gesättigter *Enger Grobporen* (< 32 kPa/cbar (pF-Wert 2,5)). Somit sollte die Wurzelentwicklung aus dem Ballen, welchen man weit stärker abtrocknen ließ, nach außen „geloockt“ worden sein. In Ermanglung einer Kontrollgruppe verbleibt dies jedoch vorerst spekulativ. Weitere Versuche sind in Vorbereitung.

Gewiss ist der Anwuchserfolg aller 52 Späthschen Erlen (Abb. 6 und 7).

Bei einer Wurzelsuchschachtung im April 2020 konnte zwar eine passable Auswurzelung dokumentiert werden; genaueres Hinschauen offenbarte jedoch, dass der Gießring aus Kunststoff viele neu gebildete Wurzeln an der Auswurzelung über den Gießring hinaus hinderte; sogar einige Ringwurzeln (vgl. überständige Containerware) wurden gefunden (Abb. 7 und 8).

Da eine Beeinträchtigung des Anwuchserfolges respektive des Auswurzelungserfolges durch den relativ tiefen Einbau des Ringes mit zirka 10 Zentimeter Einbautiefe nicht unwahrscheinlich ist, muss die Auswurzelungsleistung des Baumes in den Substratkörper hinein nach einem Jahr entsprechend anders bewertet werden.

Zur Minimierung von Folgeproblemen wird momentan diskutiert, sämtliche Gießringe auf eine Einbautiefe von 5 Zentimetern zu heben.

In Hinblick auf den vermehrten Einsatz von Gießringen aus Kunststoff dürfen sich gartenbauliche Versuchsanstalten in Nord und Süd aufgefordert fühlen, dem korrekten Einbau jener Neuerung auf die Spur zu gehen.

### Ausblick Trier

Bestärkt durch die relativ gute Auswurzelung der Gehölze aus dem Ballen wird die Bewässerungsstrategie auf dem Petrisberg für das Jahr 2020 angepasst. Die Ballen-Zone wird jetzt im 2. Jahr, bis auf einen Mittelwert von 180 Kilopascal (noch Alarmwert im 1. Standjahr), kontrolliert abgetrocknet. Die Auswurzelungszone bei –30 Zentimeter soll bis auf 100 Kilopascal abtrocknen. Die tieferen Zonen bei –60 Zentimeter und –90 Zentimeter sollten den Grenzwert von 32 Kilopascal nicht überschreiten, denn dort sollen die Wurzeln letztendlich hin; nach unten (Abb. 9).

### Fazit

Die Bodenwasserspannung als Bewertungskriterium besticht gegenüber der Messung des volumetrischen Wassergehaltes durch den Vorteil der bodenmilieübergreifenden Übertragbarkeit der Ergebnisse und der Möglichkeit direkt auf den Versorgungszustand des Baumes schließen zu können. Grundvoraussetzung hierfür ist eine ausreichende Anzahl an Messpunkten und eine sinnvolle Anordnung der Sensoren in verschiedenen Ausrichtungen innerhalb der Pflanzgrube, um den Versorgungszustand innerhalb des Bestandes kurz- bis mittelfristig beurteilen zu können.

Die hier vorgestellten Grenzwerte zur Steuerung sollen natürlich zum Nacheifern anregen, jedoch bitte mit Vorsicht! Die Bäume im Projekt Trier zeugten von einer grundlegend guten Qualität. Sie wurden im Herbst des Vorjahres gepflanzt, gelten artspezifisch als robust und wurden, bedingt durch die

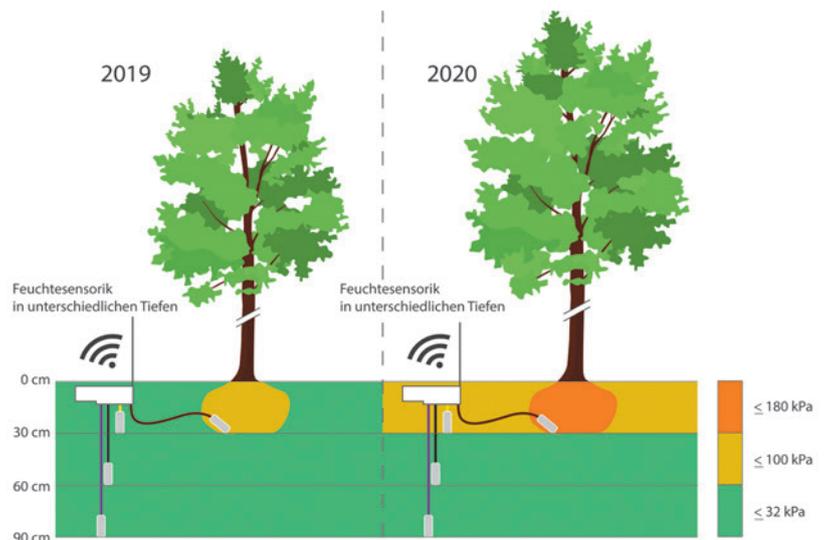


Abb. 9: Bewässerungsstrategie Petrisberg Trier 2019 und 2020.

wöchentliche manuelle Ablesung der Sensoren, regelmäßig fachlich qualifiziert in Augenschein genommen.

Dass bei Straßenbaumpflanzungen so einiges schiefgehen kann (z. B. zu tiefes Pflanzen usw.) bleibt ein grundsätzliches Problem, welchem durch qualifizierte Bauleitung und Bauüberwachung begegnet werden sollte.

Die Messung der Bodenwasserspannung kann nachgelagerte Probleme im Wasserhaushalt während der Fertigstellung- und Entwicklungspflege sicher einkreisen, sowie auch langfristig für eine praktikable Bewertung zur Steuerung von Gießgängen herangezogen werden.

Die wissenschaftliche Überprüfung der Steuerungsmethode, sowie weitere Praxisversuche mit anderen Baumarten und -sorten sollten im Sinne eines verantwortungsvollen Umgangs mit der Ressource Wasser und zum Schutz unserer grünen Infrastruktur vorangetrieben werden.

### LITERATURVERZEICHNIS

- Balder, H.; Schneeweiß, F. (2014): Gehölze mit Ballen nicht nur „hinstellen“, sondern „funktional“ pflanzen. *Pro Baum*, 2/2014, 12–20.
- Balder, H.; Strauch, K.-H. (1996): Untersuchungen zum Einfluss des Ballensubstrates auf die Wasserversorgung von Jungbäumen. 4. Augsburger Baumpflegetage, Tagungsband.
- Brunner M. (2018). *Bodenfeuchte und Bewässerung*. Zürich: dergartenbau 10/2018.
- Gaertig, T.; Hetsch, W. (2008): *Bodenkunde*, Skriptenreihe 4, überarbeitete Auflage, Förderverein Fakultät Ressourcenmanagement in Göttingen e. V.
- Meyer, C.; Meyer, M. (2020): Einbau von Gießringen aus Kunststoff. [https://meyer-gartenbedarf.de/b2c\\_de/aquamax-giessrand-breite-30-cm-laenge-25-m-staerke-3-mm-dunkelgruen.html](https://meyer-gartenbedarf.de/b2c_de/aquamax-giessrand-breite-30-cm-laenge-25-m-staerke-3-mm-dunkelgruen.html) (Stand 03.05.2020).
- Roth-Kleyer, S. (HRSG.) (2016). *Bewässerung im Garten und Landschaftsbau*. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.
- Scheffer, F.; Schachtschabel, P. (2018): *Lehrbuch der Bodenkunde*, 17. Auflage, Springer Verlag.
- Schrader, L.; Schumacher, J.; Roloff, A. (2020): Auffällige Schäden an Spitzahorn, *Taspo Baumzeitung*, 2/2020, 18–21.
- Weltecke, K. (2019): Kalkulation zur Einschätzung des Bewässerungsbedarfs eines Baumes. <https://www.bodenundbaum.de/downloads/> (Stand 03.05.2020).
- Weltecke, K. (2020): Bäume richtig wässern mit Blick auf zunehmende Trockenheitsperioden. In Dujesifken, D. (Hrsg.): *Jahrbuch der Baumpflege 2020*, Haymarket Media GmbH & CO KG, Braunschweig, 195–212.