

Jungbäume bedarfsgerecht gießen: Wie die richtige Menge ermitteln?

Der vorzeitige Vitalitätsverlust von Jungbäumen am Verwendungsort kann auf verschiedenen Ursachen beruhen. Oftmals fehlt es jedoch schlichtweg an einer Wassergabe im richtigen Moment. Trockenheit reduziert das Wachstum und erhöht die Anfälligkeit für Schwächeparasiten. Unnötige Bewässerungsgänge hingegen erhöhen den Pflegeaufwand und erschweren die Abhärtung in der Akklimatisierungsphase.

Alexander
Borgmann
gen. Brüser,
Hartmut
Balder, Lars
Bergemann

Ein schlechtes Anwuchsverhalten und Ausfälle aufgrund von Bewässerungsmängeln können leider noch zu häufig im Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau beobachtet werden. Die ökonomischen Folgen sind komplex und vielschichtig (Abb. 1). Welche Ansätze werden in der Praxis verfolgt, um eine fachgerechte Bodenfeuchte zu gewährleisten? Ist der Einsatz dauerhaft installierter Feuchte-Sensoren im Boden zur gezielten Bewässerung und Sicherung des Anwuchses analog zum Pflanzenbau praktikabel?

Langjährige Forschungsprojekte der Beuth Hochschule für Technik Berlin und daraus entwickelte Bewässerungssteuerungspraktiken könnten die bisherige Jungbaumpflege in der landschaftsgärtnerischen und baumpflegerischen Praxis revolutionieren, die insbesondere auf die vitale Weiterentwicklung der jungen Gehölze ohne Folgeprobleme abzielt.

Problematik

Frisch gepflanzte oder noch nicht am Standort etablierte Gehölze, die aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften oder als Folge eines Körnungsbruches (Balder & Strauch 1996, Balder & Schneeweiss 2014, Bergmann 2016) erst ein wenig verzweigtes Wurzelsystem für eine kontinuierliche Wasserversorgung aufgebaut haben, müssen für eine vitale Weiterentwicklung bei lange anhaltenden Trockenperioden bedarfsgerecht gegossen werden. Hinzu kommt, dass Gehölze in urbanen Situationen oft hoch designt in versiegelten Flächen mit wenig durchwurzelbarem Raum gesetzt werden, so dass bereits nach kurzer Zeit der sogenannte Blumentopfeffekt entstehen kann. Der Anspruch an Vitalität und Ästhetik ist dennoch meist hoch, gleichzeitig wird oft an Pflegekosten gespart.

Überbaute Pflanzgruben – die es dem pflegenden Gärtner zum Beispiel durch abgrenzende Pflasterbeläge oder Baumroste unmöglich machen auf klassische Weise die Bodenfeuchte zu kontrollieren – sind besonders anfällige Standorte für Trockenschäden oder Staunässe. Auch die Verwendung von Gehölzen mit einer höheren Trockenheitstoleranz oder der groß-



volumige Bodenaustausch mit Baumsubstraten mit guter Wasserspeicherkapazität ist kein Garant gegen Probleme im bedarfsgerechten Wasserhaushalt (Abb. 2 und 3).

Zudem wird bei vielen Gehölzarten durch den Wasserstress die Anfälligkeit gegenüber rinden- und holzbrütenden Schwächeparasiten erhöht, so dass unter anderem der Befall mit Splint- oder Prachtkäfern zum schnellen Absterben der Gehölze führt. Insektizide können vorbeugend oder bekämpfend an vielen Standorten aus rechtlichen Gründen nicht eingesetzt werden (Schreiner 2017). Pauschales Wässern ist nicht nur teuer, sondern oft auch völlig unnötig und mindert die natürliche Anpassung der Gehölze an trockene Begebenheiten (induzierte Resistenz). Schlimmstenfalls schlagen die guten Absichten von großzügigen Wassergaben ins Negative und es kommt bei anstehenden, verdichteten oder bindigen Böden zu Staunässe.

Abb. 1: Deutliche Wuchsunterschiede bei Bäumen (*Sorbus x intermedia*, STU 25-30) im 3. Standjahr. Rechte Baumreihe mit deutlich schlechterer Anwuchsleistung und Vitalität (VS 2: kurztriebzig, vorzeitiger Herbst u. a.) aufgrund von Bewässerungsmängeln. Linke Baumreihe – wird zusätzlich durch Tröpfchenbewässerungssystem der Hecken versorgt – mit guter Anwuchsleistung und Vitalität (VS 0: Langtriebe mit arttypischer Seitenastverzweigung, gesundes Laub).

Foto: C. Sternberg, Bielefeld, 09.08.2015



Abb. 2: Überbaute Pflanzgrube, Baum-scheibe: 50 Zentimeter Baumrost. Trennender Pflasterbelag und Baumrost machen dem Gärtner die Überwachung der Bodenfeuchte für die in der Etablierung wasserbedürftige Sumpfeiche (*Q. palustris*, STU 30-35) unmöglich.

Foto: C. Sternberg, Verl. 09.05.2016.

Abb. 3: Trockenheitstolerante Purpureschen (*Fraxinus ang. Raywood*) im 7. Standjahr in 12 Quadratmeter Baums substrat auf dem Marktplatz der Gemeinde Leopoldshöhe (bei Bielefeld). Baumroste erschwerten die Kontrolle der Bodenfeuchte ergo bedarfsgerechte Bewässerung und waren letztlich verantwortlich für den vorzeitigen Vitalitätsverlust.

Foto: C. Sternberg, 18.05.2016

Abb. 4: Der Einsatz vom Pürckhauer ist ein im Feld bewährtes Mittel, um einen Eindruck über die Bodenfeuchte in Tiefen von 100 Zentimetern zu gewinnen.

Foto: C. Sternberg, Koblenz 03.10.2016



Die klassische Kontrolle der Bodenfeuchte stößt oft an ihre Grenzen

In der gärtnerischen Praxis ist die Fingerprobe einer Bodenprobe vor Ort auf Feuchtigkeit ein gutes und wichtiges Mittel zur Einschätzung der aktuellen Bodenfeuchtesituation. Hierzu wird eine kleine Menge an Oberboden oder auch Baums substrat zwischen den Fingern zerrieben, um den Feuchtegehalt des Bodens zu bestimmen. Mit dem Spaten lassen sich problemlos und schnell offene Standorte in Tiefen bis 40 cm beproben. Zur Kontrolle tieferer Horizonte bietet sich die Bodenentnahme mit einem Bohrstock (Pürckhauer) – einem Hohlzylinder mit wenigen Zentimeter Durchmesser – an. Mit einigen Hammerschlägen lassen sich ohne großen Flurschaden Tiefen bis zu 100 Zentimeter erreichen (Abb. 4), gleichzeitig wird die Bodendichte überprüft.

Trockene bis nasse Bodenverhältnisse werden so mit etwas Erfahrung direkt, schnell und sicher identifiziert. Nur ist die regelmäßige Anwendung dieser Praxis, angesichts der vielerorts knappen Personalressourcen und der zum Teil immensen Anzahl an zu kontrollierenden Baumstandorten schwer zu realisieren. Des Weiteren lassen überbaute Standorte vielfach keine derartige Bodenfeuchteüberwachung zu. Aber was tun, wenn man nicht weiß, wie die Verhältnisse im Boden sind?

Pauschale Wassergaben – Gießen was das Zeug hält

„Viel hilft viel“, so heißt es oft. 100 oder auch 200 Liter in der Woche sind bei Gehölzpflanzungen an Straßen und Plätzen mit großer Aufmerksamkeit keine Seltenheit (Abb. 5). Die Verantwortlichen sind sich der Gefahr von Schadentwicklungen oder dem Ausfall von Gehölzen bewusst und minimieren das Risiko durch großzügige Wassergaben. Der Anwuchs-erfolg ist meist gegeben, aber die Kosten sind verhältnismäßig hoch. Kann das die Lösung sein?



Bei ausbleibenden Niederschlägen und hochsommerlichen Temperaturen raten die Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil 1 (FLL 2015) ab dem zehnten Tag ohne Niederschlag die Gabe von 75 bis 100 Liter Wasser an. Hier wird von der „klassischen Baumpflanzung“ bis zu einem Stammumfang der Gehölze von 25 Zentimeter in einem Meter Höhe ausgegangen. In der Realität sind die Situationen jedoch sehr unterschiedlich.

Haben Gehölze mit kleinen, großen oder versiegelten Baumscheiben den gleichen Gießwasserbedarf? Wie hoch sollte die Gabe an heißen städtischen Standorten mit hohen Strahlungsintensitäten sein? Welchen Einfluss haben Unterpflanzungen oder die direkte Einsaat von Rasen unterhalb der noch nicht etablierten Jungbäume? Sind Verallgemeinerungen hier nicht fehl am Platz und nicht vielleicht sogar in Teilen mitverantwortlich für die Misere im städtischen Raum?

Bodenfeuchteüberwachung durch dauerhaft installierte Feuchte-Sensoren

Im Jahr 2013 startete ein großangelegter Feldversuch der Beuth Hochschule für Technik Berlin (BHT) im Berliner Regierungsviertel, in welchem die Möglichkeiten und Grenzen der Revitalisierung von Jungbäumen in Schadsituationen erstmalig wissenschaftlich untersucht wurden. Neben dem Schnitt der Jungbäume und einer Versorgung der Pflanzen mit Nährstoffen und Mikroorganismen war die Installation von 26 Tensiometern (Watermark-Meter) in unterschiedlichen Bodenschichten das zentrale Instrument, um die Gehölze zu revitalisieren. Seit vier Jahren werden erforderliche Bewässerungsgänge aus den Ergebnissen der Bodenfeuchte-Messungen abgeleitet. Unnötige Wassergaben bleiben genauso aus wie ein zu trockenes Baumquartier. Die dort verwendete Baumart Sumpfeiche (*Quercus palustris*), die besonders während der Etablierungs- beziehungsweise Revitalisierungsphase relativ wasserbedürftig ist, wächst nach anfäng-

lichen Fehlentwicklungen wieder vital. (Balder et. al. 2016, Borgmann gen. Brüser 2014, Borgmann gen. Brüser et. al. 2015).

Bestärkt durch den erzielten Vitalitätsgewinn der Spree-Eichen wurden im Jahr 2016 weitere Standorte in Berlin und in anderen deutschen Städten mit Feuchtesensorik ausgestattet, um weiteren Fragestellungen nachzugehen:

- Wenn gleich zu Pflanzbeginn mittels Sensorik der Wasserhaushalt reguliert wird, wie wirkt sich dieses Vorgehen pflanzenphysiologisch und ökonomisch aus?
- Lässt sich durch eine gezielte Düngung und Bewässerung die Streusalzbelastung von Gehölzen vermindern?

Jungbaumetablierung in versiegelten Situationen

2016 wurde in der ostwestfälischen Stadt Verl die Hauptverkehrsstraße in einer großangelegten Umbaumaßnahme saniert. Im Rahmen der Neugestaltung wurden entlang des gesamten Straßenabschnitts im Ortskern rund 100 Alleebäume (Sumpfeichen und Amberbäume, STU 30-35) gepflanzt (Abb. 2).

Um eine möglichst optimale Anwuchsphase bei gleichzeitig minimalen Pflegekosten sicherzustellen, wurden jeweils drei Feuchtesensoren in unterschiedlichen Tiefen (im Ballen, 60 cm, 90 cm) an fünf repräsentativen Baumstandorten installiert. Dadurch können nötige Wassergaben ermittelt und gegebene Wassermengen nachvollzogen werden. Die wöchentliche Auslese der Werte durch einen Mitarbeiter des Bauhofes der Stadt Verl ermöglicht künftig die Dokumentation der Bodenfeuchtesituation in den unterschiedlichen Bodenschichten. In der aktuellen Phase der Etablierung liegt das Hauptaugenmerk in der bedarfsgerechten Versorgung des Ballens, und der Kontrolle, ob veranlasste Bewässerungsgänge stattfanden und diese ausreichend gewesen sind. Auf pauschale Wassergaben wurde zugunsten einer sensorgestützten Wassergabe verzichtet – es wird nur soviel gewässert wie nötig ist. Bereits im ersten Jahr konnte ein 100-prozentiger Anwuchserfolg bei deutlich geringeren Wassergaben verglichen mit den ursprünglich kalkulierten Gießwassermengen erzielt werden.

Vitalisierung von Gehölzen an streusalzbelasteten Straßen (Versuchszeitraum: 2016–2018)

Zur Unterstützung einer vor ca. 20 bis 30 Jahren gepflanzten Lindenallee (*Tilia spec.*) wurden in einem streusalzbelasteten Mittelstreifen an sechs der 45 Baustandorte Tensiometer in den Tiefen 40 und 80 Zentimeter installiert. Als Grund für den vorzeitigen Vitalitätsverlust ist neben der starken Streusalzbelastung an dieser Hauptverkehrsstraße die geringe Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit zu nennen. Mit Hilfe der Sensorik sollen die Gehölze über drei Vegetationsperioden bei unzureichenden natürlichen Niederschlägen zusätzlich



bewässert werden, um einer sich durch Austrocknung erhöhenden Salzkonzentration in der Bodenlösung entgegenzuwirken. Dünge- und Kontrollvarianten ergänzen den Versuch (Abb. 6). Mit zwei größeren Wassergaben in der Vegetationsperiode à 300 Liter pro Baum (mit der ersten Gabe von 500 Liter Wasser Anfang März in der Vegetationspause wurde der granulierten Dünger eingespült) konnte in der bewässerten Variante (durchgezogene Linie) gegenüber der Kontrollvariante (gepunktete Linie) ein starkes Austrocknen des Bodens in den Tiefen 40 und 80 Zentimeter abgewendet werden (Abb. 7).

Art, Anzahl und Einbau von Feuchte-Sensoren

Es werden Sensoren mit unterschiedlichen technischen Verfahren zur Bodenfeuchtemessung gehandelt (Saugspannung, Widerstandsmessung, Thermische Messung u. a.). Die Preisspanne langlebiger Sensoren die dazu geeignet sind dauerhaft am urbanen Standort installiert zu werden, reicht dabei von rund 50 Euro bis ca. 500 Euro pro Sensor. Die Energiequelle bildet in der Regel eine Batterie, die entweder direkt und fest am Sensor angebracht ist oder extern den Sen-

Abb. 5: Junge Vogelbeeren (*Sorbus x intermedia*, STU 25-30) im 3. Standjahr werden auf zentralem Stadtplatz bei hochsommerlichen – Temperaturen mit zirka 200 Liter Gießwasser versorgt. Dürrtöcher Anwuchserfolg bei schlechter Vitalität (Kurztriebzig, Laubverlust, Kleinblättrigkeit u. a.) deuten auf Bewässerungsmängel im Vorfeld hin.

Foto: C. Sternberg, Bielefeld, 18.08.2016

Abb. 6: Einbau der Feuchte-Sensoren in einem streusalzbelasteten Mittelstreifen, März 2016.

Foto: M. Schreiner 01.03.2016

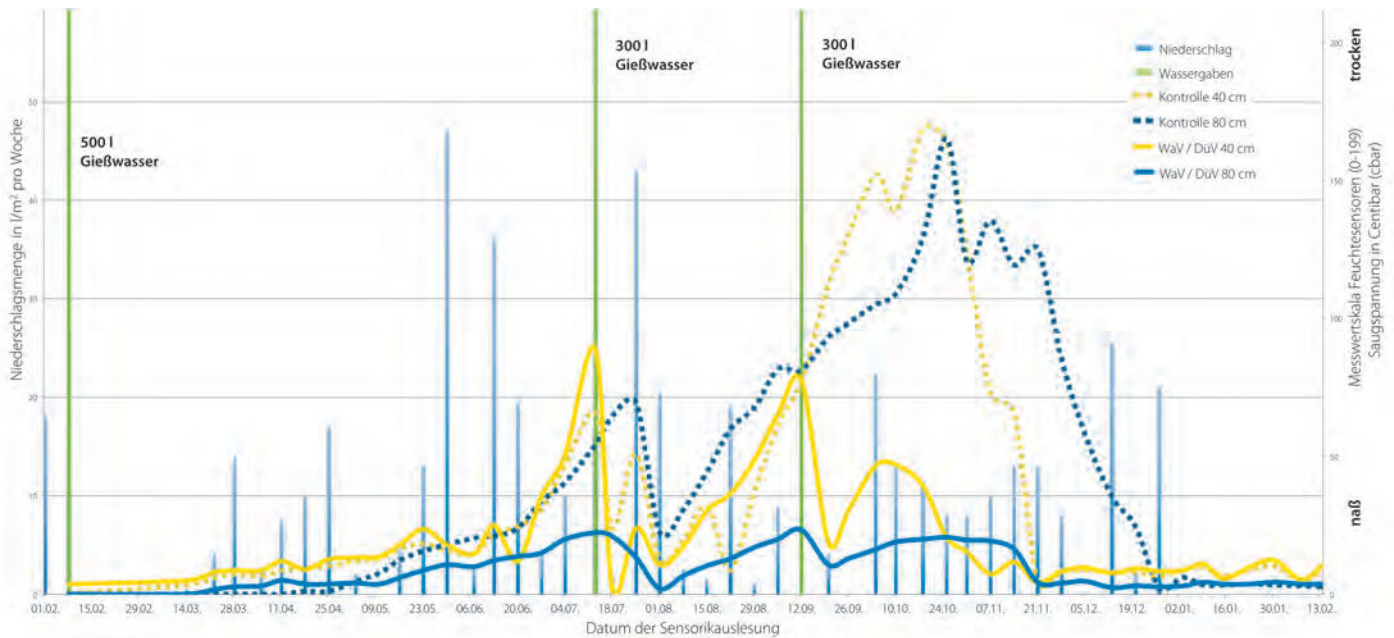


Abb. 7: Entwicklung der Bodenfeuchtigkeit über den Jahresverlauf 2016 am Tempelhofer Weg in Berlin Neukölln.

Quelle: G. Fellhölder (Bezirksamt Berlin-Neukölln), M. Schreiner (Pflanzenschutzamt Berlin) und Alexander Borgmann gen. Brüser (ARBOR revival), unveröffentlicht.

sor über ein Kabel mit Strom versorgt. Die externe Unterbringung der Batterie findet zum Beispiel in einem Handauslesegerät oder in einem Datenlogger (fest am Standort montiert; Solarpanel als Alternative zur Batterie möglich) ihre Anwendung. Bei der Entwicklung der Sensoren standen einjährige landwirtschaftliche oder gärtnerische Kulturen und mehrjährige Kulturpflanzen wie im Weinbau im Fokus.

Um den Wartungsaufwand nach der Sensorik-Installation möglichst gering zu halten, werden bei mehrjährigen Kulturen (z. B. Weinbau) Tensiometer mit externer Energieversorgung bevorzugt. Die Sensoren verbleiben bei diesen Kulturen für viele Jahre zur Bewässerungssteuerung im Boden und müssen zu einem Batteriewechsel nicht gewartet oder gar vollständig getauscht werden.

In der Praxis bewährt hat sich nach bisherigem Kenntnisstand die Feuchtemessung mit einer relativ preisgünstigen Gipsblockelektrode (Markenname: Watermark), die über eine externe Stromquelle verfügt. Der Einbau kann zu Pflanzbeginn oder mehrere Jahre danach vorgenommen werden. Die Wahl für die Anzahl und vertikale sowie horizontale Anordnung der Messpunkte ist standortbedingt zu entscheiden und insbesondere abhängig von der momentanen und potentiellen Wurzelausbreitung.

Um ein möglichst genaues Bild der Bodenfeuchtesituation zu erhalten sollten mehrere Boden-/Substrathorizonte mit Sensoren ausgestattet werden. Hierbei hat sich die Verteilung in drei unterschiedlichen Tiefen bei 30, 60 und 90 Zen-

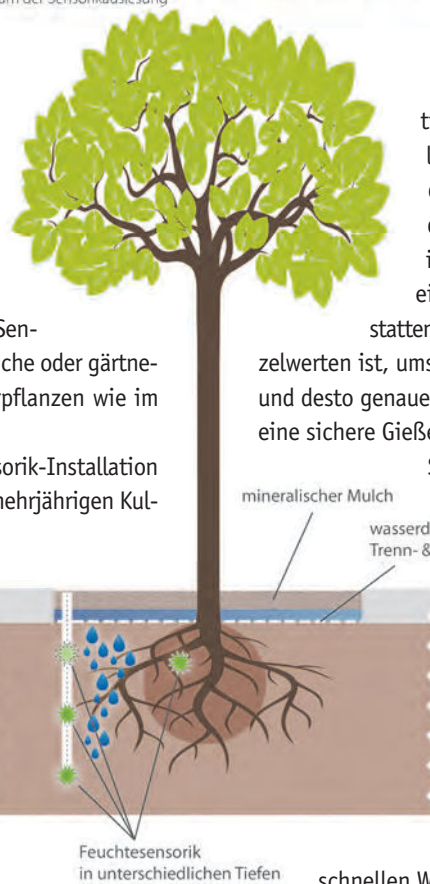


Abb. 8: Installation von Sensoren in unterschiedlichen Tiefen: 30 Zentimeter (oder Ballen des Baumes), 60 Zentimeter und 90 Zentimeter Tiefe.

timeter bewährt (Abb. 8). Grundsätzlich ist es zwingend notwendig in jeder Tiefe mehrere Sensoren zur Bildung verlässlicher Mittelwerte zu installieren. Es ist nicht nötig jede einzelne Pflanze mit Technik auszustatten. Je höher jedoch die Anzahl von Einzelwerten ist, umso geringer ist die Fehleranfälligkeit und desto genauer kann aus den Durchschnittswerten eine sichere Gießempfehlung abgeleitet werden. Alle Sensoren werden mit Bodenschluss eingeschlämmt, um die Feuchtigkeit des umliegenden Bodens wiedergeben zu können. Die Kabel mit den Ablesekontakten werden oberflächennah zusammengeführt und können mit unterschiedlichen Hilfsmitteln (KG-Muffen, -Winkel u. a.) vor Vandalismus und Witterungseinflüssen geschützt werden. Zum schnellen Wiederfinden der Bäume in größeren Beständen, die mit Sensoren ausgestattet sind, bieten sich Markierungen an.

Schutz vor Vandalismus?

Das Verstecken der Kontrollschächte ist das beste Mittel, um einer mutwilligen Zerstörung vorzubeugen. Jedoch auch bei sichtbar montierten Kontrollboxen aus handelsüblich KG-Rohren sind bislang keine nennenswerten Verluste zu beklagen. Zur Gefährdung von Datenloggern, die fest im Baum montiert sind, liegen aufgrund mangelnder Erfahrung bislang kaum Erkenntnisse vor. Angesichts der in etwa fünf Mal höheren Materialkosten und einem ungleich höheren Vandalismusrisiko wurde bei den Berliner Versuchen bislang auf die Installati-

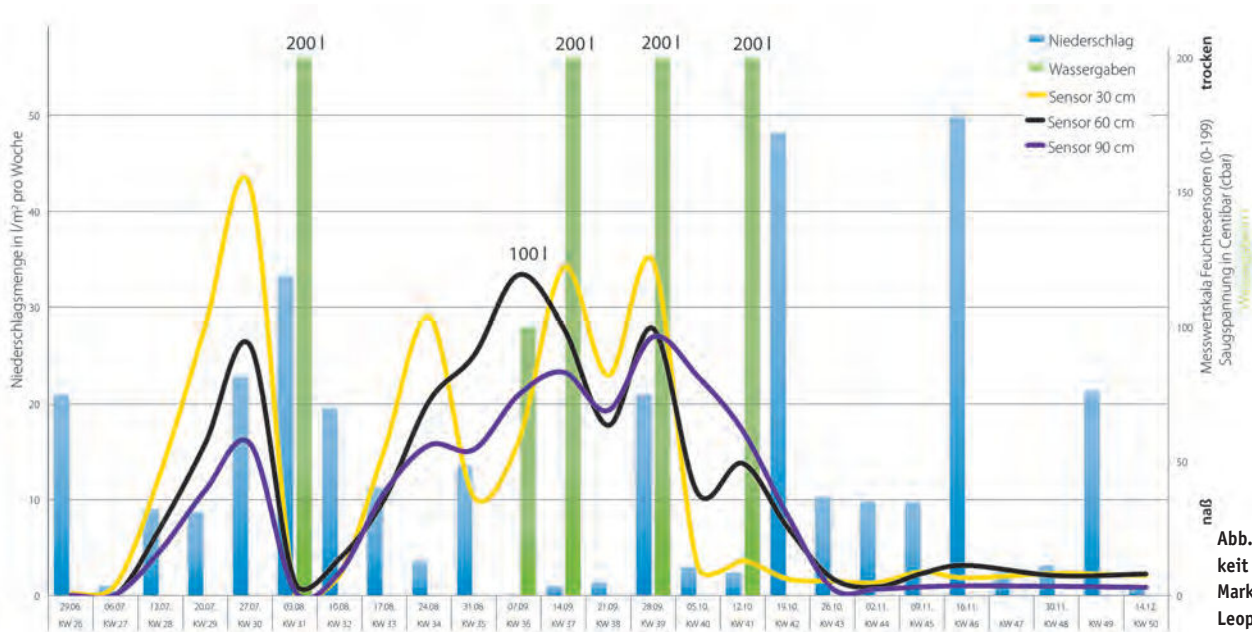


Abb. 9: Bodenfeuchtigkeit 2016 auf dem Marktplatz der Gemeinde Leopoldshöhe.

von Antennen und der Gleichen verzichtet und auf manuelle Ablesung gesetzt.

Interpretation der Messwerte

Die dauerhafte Installation der Sensoren über viele Jahre soll als eine neuartige Datengrundlage verstanden werden, um den individuellen Baumstandort hinsichtlich der Wasserhaushalts kennen zu lernen. Die Beobachtungen des Gärtners – der hierbei die Reaktionen der Gehölze auf unterschiedliche Witterungsverhältnissen stets vor Augen haben muss – bilden zusammen mit den Sensordaten die Grundlage für die Entwicklung einer individuellen standortbezogenen Bewässerungsstrategie (Abb. 9, 10). Der Bodenwasserhaushalt ist vorrangig von folgenden Faktoren abhängig:

- Temperatur
- Strahlung
- Austrocknung durch Wind
- Niederschlag (Gesamtjahresmenge und Verteilung)
- Größe und Oberflächenbeschaffenheit der Baumscheibe
- den Wasserspeichereigenschaften des Pflanzsubstrates bzw. des anstehenden Bodens
- und natürlich der Wasserbedürftigkeit des Baumes.

Die Wassergaben sind an die jeweilige Begebenheit anzupassen. Eine dynamische Bewässerungsstrategie ist schon allein durch das Wachstum und die sich ändernde Wasserbedürftigkeit der Pflanze Voraussetzung für einen effizienten Gießwassereinsatz.

Anhand von zwei verschiedenen Baumstandorten soll die spezifische Bodenfeuchteentwicklung 2016 und die daraus resultierende Bewässerungsstrategie verdeutlicht werden:

Leopoldhöhe, *Fraxinus ang. Raywood*, 8. Standjahr: Start der Vitalisierung 2016 (Abb.3)

Die 2009 gepflanzten Purpur-Eschen verloren vorzeitig an Vitalität. Durch die an fünf repräsentativen Bäumen in drei unterschiedlichen Tiefen (30, 60, 90 cm) installierten Feuchte-

sensoren (Abb. 8) konnten die Bäume über die Vegetationsperiode 2016 bei trockenen Bodenverhältnissen bedarfsgerecht gegossen werden. Mit insgesamt 900 Litern Gießwasser (4 x 200 l, 1 x 100 l) konnte ein vollständiges Austrocknen der Baumstandorte abgewendet werden (Abb. 9). Diese Form der Luxusversorgung gewährleistet im ersten Jahr der Revitalisierung eine kontinuierliche Wasserversorgung der geschwächten Pflanzen. Die gegebenen Nährstoffe und Mikroorganismen sind ebenso fortwährend in der Bodenlösung gut verfügbar.

Berlin-Mitte, *Q. palustris*, 12. bis 17. Standjahr, Start der Vitalisierung 2013

Die im Regierungsviertel zwischen 2000 und 2005 gepflanzten Sumpfeichen verloren bereits wenige Jahre nach der Pflanzung und Fertigstellung- und Entwicklungspflege an Vitalität. 2013 begann die Revitalisierung des Bestandes. Die seit 2015 als voll vital eingestuften Gehölzen wurden in der Vegetationsperiode 2016 nicht mit Nährstoffen versorgt und nur spärlich gewässert. Nach einer Gabe von 200 l im zeitigen Frühjahr wurde nur noch fünf Mal mit zirka 70 Liter im Spätsommer gegossen (Abb. 10). Das vollständige Austrocknen der tieferen Bodenschichten (60 und 90 cm) im Spätsommer und Herbst konnte mit Hilfe der Sensoren dokumentiert werden. Demnach reichten die relativ geringen Wassergaben nicht aus den Gehölzstandort durchdringend zu durchfeuchten.

Die Akklimatisierung des Bestandes nach der Luxusversorgung, die dem Baum während der Revitalisierung zu Teil wurde, stand nun im Fokus. Die Gehölze sollen mit einer möglichst geringen künstlichen Nährstoff- und Wassergabe vital weiterwachsen.

Fazit

Die bedarfsgerechte Wasserversorgung ist gerade für Jungbäume essentiell. Falsch eingeschätzter Bedarf kann Fehl-

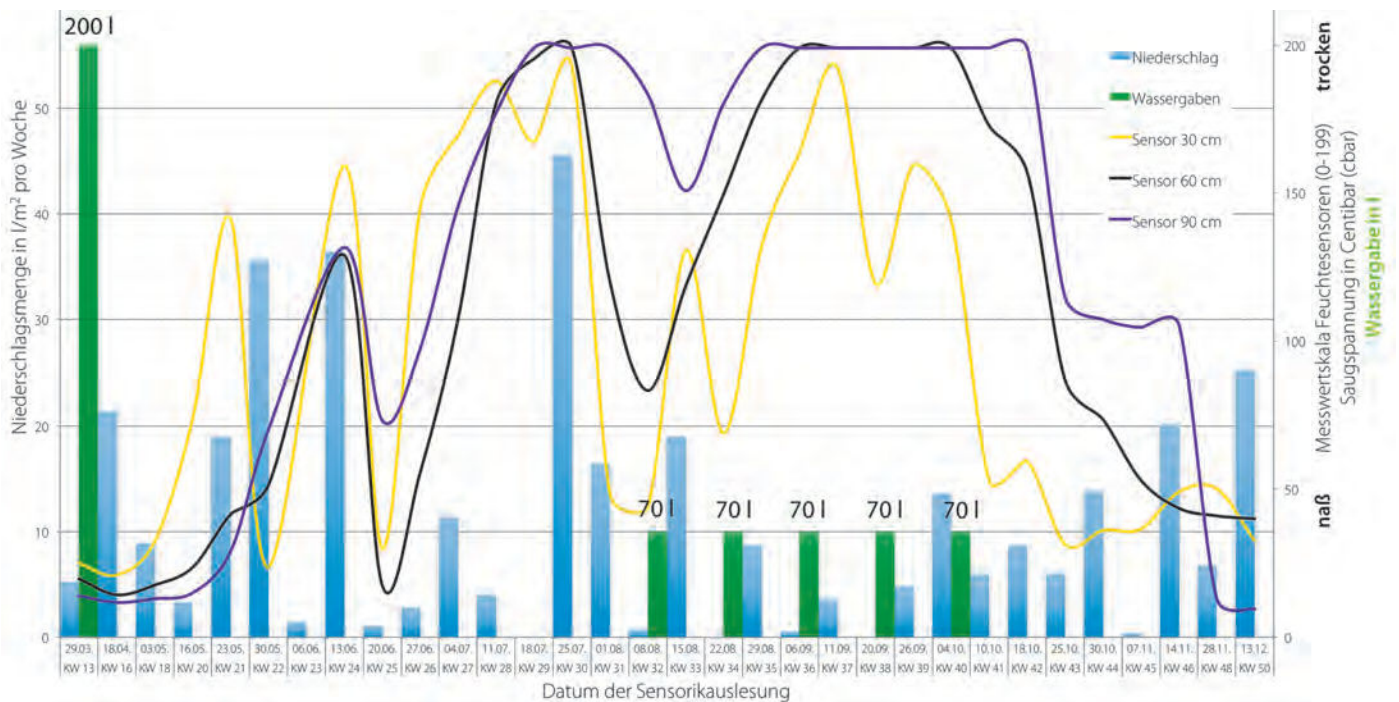


Abb. 10: Bodenfeuchte im Berliner Regierungsviertel 2016.

entwicklungen nach sich ziehen und hohe Kosten verursachen. In Zeiten hoher Ansprüche an die Qualität von Baumpflanzungen und gleichzeitig schrumpfenden Personalständen kann der Einsatz von Tensiometern gerade im urbanen Raum hilfreich und sinnvoll sein. Eine allgemeine Interpretation der Messwerte kann jedoch durch die Vielzahl an Variablen nicht erfolgen. Die Bodenfeuchtemessung bei Straßenbäumen ist kein Allheilmittel mit festgezurten Grenzwerten (Kochrezepten) wie im Produktionsgartenbau. Vielmehr müssen regelmäßige Bodenfeuchte-Messungen als ein Hilfsmittel für den Gärtner verstanden werden, der in zunehmend künstlichen Gegebenheiten durch ein wenig Technik wieder Einblick in die Baumgrube erhält. Auch wenn Verallgemeinerungen unter anderem aufgrund der jedes Jahr variierenden Niederschlagsmenge und -verteilung nicht zulässig sind, sind Ableitungen zu vergleichbaren lokalen Situationen durchaus denkbar und wahrscheinlich praktikabel. So erscheint es nicht zu visionär, ein flächendeckendes und zugleich finanzierbares lokales Bewässerungssteuerungssystem mit Sensoren zu installieren, bestehend aus Referenzstandorten (sonnig, schattig, vollversiegelt, unterpflanzt usw.). Gezielte Gießgänge könnten hierdurch ermöglicht werden und somit neben der Standortvorbereitung und Gehölzwahl ein Mittel sein, unseren Straßenbäumen auch in Zeiten klimatischer Veränderung eine langfristig vitale Entwicklung zu ermöglichen. Die Erarbeitung von Empfehlungen und Richtlinien oder gar die Einbindung von zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen in bestehende Regelwerke wie die ZTV-Baum-

pflege 2006 (Gelbdruck der ZTV-Baumpflege 2017) kann gegebenenfalls nur auf der Basis weiterer langjähriger wissenschaftlicher Untersuchungen basieren

LITERATUR

Balder, H. (1998): Die Wurzeln der Stadtbäume. Berlin: P. Parey Verlag.
 Balder, H.; Ehlebracht, K.; Mahler, E. (1997): Strassenbäume: Planen – Pflegen – Pflegen am Beispiel Berlin. Berlin: Patzer Verlag.
 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 Ballen-substrates auf die Wasserversorgung von Jungbäumen. 4. Augsburger Baumpflegetage, Tagungsband.
 Balder, H.; U. Niemann; A. Borgmann genannt Brüser (2016): Effiziente Maßnahmen zur Stabilisierung von Wuchsbeeinträchtigungen bei Jungbäumen. Pro Baum, 2/2016, 7–12.
 Bergemann, L. (2016): Untersuchungen zu den Auswirkungen moderner Vegetationstechniken auf Einsparpotentiale bei der Pflege von Jungbäumen. Berlin: Masterarbeit, Beuth Hochschule für Technik (BHT).
 Borgmann genannt Brüser, A. (2014): Möglichkeiten und Grenzen der Revitalisierung von Jungbäumen im urbanen Raum. Berlin: Masterarbeit, Beuth Hochschule für Technik (BHT).
 Borgmann genannt Brüser, A.; H. Balder; U. Niemann. (2015): Möglichkeiten und Grenzen der Revitalisierung von Jungbäumen. Pro Baum, 2/2015, 8–14. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL). (2015): Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil 1: Planung, Pflanzarbeiten, Pflege. Bonn.
 Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL). (2006): ZTV – Baumpflege. Bonn.
 Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL). Schreiner, M. (2017): Pflanzenschutz im öffentlichen Raum am Beispiel Berlin. Neue Landschaft, 2/2017, S. 38–42.