

## Handlungsempfehlung Bodenfeuchte-Sensorik

Diese Handlungsempfehlung erscheint parallel zu einem GALK Positionspapier mit dem Thema „Kommunales Bewässerungsmanagement“ des Arbeitskreises Organisation und Betriebswirtschaft. Die beiden Papiere beziehen sich auf- und ergänzen einander.

In dem GALK Positionspapier „Konsequenzen der Klimaextreme - Wässerungen des öffentlichen Stadtgrüns“ wird die zugrundeliegende Problematik ausführlich dargestellt, worauf an dieser Stelle einleitend verwiesen wird.

Diese Handlungsempfehlung zur Bodenfeuchte-Sensorik kann gleichermaßen als eine Checkliste für Kommunen verwendet werden, um die Thematik ganzheitlich anzugehen, wenn keine oder nur wenig Vorerfahrungen bestehen. Dafür ist jede Kapitelüberschrift als Fragestellung zu verstehen, die es zu klären gilt, bevor Sensortechnik beschafft werden soll.

Die Sensortechnik ersetzt nicht das gärtnerische Fachwissen und die gärtnerische Erfahrung! Sie stellt ein Werkzeug dar, was vom Fachpersonal verwendet werden kann.

Bodenfeuchtesensorik bietet hier eine mögliche zentrale Lösung, da sie eine faktenbasierte Grundlage für eine effiziente, nachhaltige und transparente Bewirtschaftung schafft.

Neben der Bodenfeuchte-Sensorik gibt es noch weitere sensorbasierte Ansätze, um den Wasserbedarf von Gehölzen zu erfassen. Hier wären z.B. Dendrometer (Stammumfangsmessung), die Saftstrommessung oder auch die Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Holzes zu nennen. An diesen Ansätzen wird aktuell geforscht und deren Einsatz erprobt.

### Potential von Bodenfeuchte-Sensorik

**Vitales und produktives Stadtgrün:** Eine der wichtigsten Aufgaben der Grün-Unterhaltung in Kommunen, ist die Gewährleistung eines vitalen Stadtgrünkörpers und dessen Ökosystemleistung, wozu die Sensortechnik einen entscheidenden Beitrag leisten kann. Die Folgen der zunehmenden Wetterextreme können mit den gemessenen Daten korrekt eingeschätzt und so Schäden an sowie Ausfälle von Bäumen stark reduziert werden.

**Optimierung der Bewässerungsprognose:** Sensoren liefern eindeutige Informationen über den Wasserbedarf der Bäume sowie über die tatsächliche Pflanzenverfügbarkeit von Niederschlägen. Auf dieser Grundlage lassen sich Bewässerungstouren effizient planen und an lokale Wetterprognosen anpassen. Dies reduziert Über- und Unterversorgung und trägt zur langfristigen Gesundheit der Bäume bei.

**Transparente Kontrolle der Bewässerungsleistung:** Die erhobenen Daten ermöglichen eine objektive Überprüfung der Pflegeleistungen z.B. durch externe Dienstleister. Kommunen können die Bewässerung und Pflege faktenbasiert abnehmen, Schwachstellen frühzeitig erkennen und die Qualität der Arbeiten sichern.

**Ressourcenschonung:** Bodenfeuchtesensorik trägt zu einem gezielten Einsatz von Wasser bei. Dies betrifft sowohl den Start- und Endzeitpunkt der Bewässerung im Jahresverlauf als

auch innerhalb der Vegetationsperiode. Unnötige Bewässerungen können vermieden und eine lebenserhaltende Wasserversorgung in Dürrezeiten sichergestellt werden. Gleichzeitig reduziert sie den Einsatz von Personal, Maschinen und Treibstoff auf der Fläche, da Bewässerungstouren effizienter geplant und durchgeführt werden können. Dies spart Kosten, schont die Umwelt und erhöht die Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung.

## **Personalbedarf und Finanzierung**

Für den erfolgreichen Einsatz von Funk-Bodenfeuchte-Sensorik ist es elementar, dass der dafür erforderliche Personalaufwand von Anfang an mitgedacht wird. Neben der Auswahl und Beschaffung der Technik sowie dessen langfristige Instandhaltung, muss auch die Etablierung der gewonnenen Daten in die Bewässerungspraxis berücksichtigt werden. Letzteres stellt insbesondere Kommunen, die einen hohen Anteil an Eigenleistung in der Bewässerung haben, vor Herausforderungen, da hier lange bestehende Systeme angegangen und in Zusammenarbeit mit mehreren Akteuren umgestaltet werden müssen.

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass die Höhe des Aufwandes von zwei wesentlichen Faktoren abhängt: Die Anzahl der Stadtbäume einer Kommune und damit auch die Menge an Technik, die erforderlich ist, um diese repräsentativ auszustatten sowie das Verhältnis von Eigenleistung zu Fremdvergabe. In Bezug auf die Funk-Bodenfeuchte-Sensorik können i.d.R. unterschiedlich viele Aspekte z.B. die Technik selbst, das Dashboard oder der Einbau vor Ort sowohl vergeben als auch in Eigenleistung erledigt werden. Je höher der Anteil der Eigenleistung ist, desto höher ist der erforderliche Personalaufwand. Als Mindestbedarf können ca. 0,5 AK angenommen werden, wobei es sich um Erfahrungswerte der Autor\*Innen handelt. Der Arbeitsaufwand ist hier initial hoch, um die Technik in der Kommune zu etablieren, nimmt im darauffolgenden laufenden Betrieb allerdings stark ab.

An dieser Stelle ist es wichtig, die Möglichkeiten von Förderprojekten in Betracht zu ziehen. In der Förderlandschaft gibt es immer wieder Aufrufe von der EU, dem Bund, den Ländern oder teilweise auch den Regionen, die zukunfts-gerichtete und klimawandel-angepasste Maßnahmen unterstützen. Da Stadtbäume, Wasserversorgung und Technologie die Fördervoraussetzungen oft erfüllen, gibt es für Kommunen viele Chancen, sich auch mit knappen finanziellen Eigenmitteln weiterzuentwickeln. Je nach Förderrichtlinien können auch Personalmittel über einige Jahre förderfähig sein.

Nach der Etablierungsphase muss ein langfristiger Routinebetrieb in der Praxis gefestigt werden. Da die Sensorik-Standorte mit der Zeit altern und an Relevanz für die Bewässerung verlieren, müssen stets überalterte Standorte entfernt und dafür Neue hinzugefügt werden. Die Finanzierung hierfür sollte direkt in der Planungsabteilung bei neuen Standorten mitgedacht und eingeplant werden.

## **Messprinzipien der Bodenfeuchte Sensorik**

Vor der Beschaffung von Bodenfeuchte Sensorik ist es ratsam, dass sich eine Kommune mit den zwei Messprinzipien der Bodenfeuchte beschäftigt. Diese haben einen großen Einfluss darauf, wie die Messdaten interpretiert werden können und lassen sich wie folgt darstellen:

- Wassergehalt (in Prozent): Wie hoch ist der Anteil an Wasser im Boden?
- Saugspannung (als Unterdruck): Wie verfügbar ist das Wasser im Boden für die Pflanzen?

Verschiedene Böden und Substrate können Wasser in unterschiedlichen Mengen aufnehmen und unterschiedlich stark an sich binden. Das bedeutet, dass zwei gleiche **Wassergehalte** in unterschiedlichen Böden auch jeweils andere Bewässerungsentscheidungen zur Folge haben können. Es ist also mit einem Wassergehalts-Messwert allein nicht möglich eine Aussage über die Bewässerung zu treffen. Um mit diesen Sensoren arbeiten zu können ist entweder eine Kalibrierung auf den vorliegenden Boden- bzw. Substrattyp oder eine lange Zeitreihe von Messwerten erforderlich, um die Daten korrekt einordnen zu können.

**Wassergehalts-Sensoren** erzeugen ein elektrisches Feld um sich herum und bestimmen, wie viel Wasser sich darin befindet, sind aber in sich geschlossene Geräte. Bei **Saugspannungs-Sensoren** hingegen dringt die Feuchtigkeit aus dem Boden in den Sensor ein und diese Wassermenge wird dann im Inneren bestimmt. Je nachdem wie stark das Wasser an den Boden gebunden ist, dringt entweder mehr oder weniger davon in den Sensor ein. Diese Sensorwerte erlauben folglich auch ohne Kalibrierung oder Zeitreihe eine direkte Interpretation der Messwerte.

Allerdings sind Saugspannungssensoren aufgrund der Wechselwirkung mit dem Wasser einem stärkeren Verschleiß ausgesetzt und auch deswegen schwieriger wiederzuverwenden. Die Etablierungsdauer eines Jungbaumes in der Stadt kann aber i.d.R. gewährleistet werden. Die Lebensdauer ist von dem eingesetzten Modell abhängig.

Unabhängig von dem verwendeten Messprinzip ist es von elementarer Wichtigkeit, dass die Sensoren fachlich korrekt und vergleichbar in den Boden oder das Substrat eingebaut und nicht „einfach nur in den Boden gesteckt“ werden. Ist ein Sensor unsachgemäß verbaut, sind die gemessenen Werte fehlerhaft und ermöglichen keine sinnvollen Schlussfolgerungen! Informationen darüber können bei den Sensorherstellern selbst eingeholt werden.

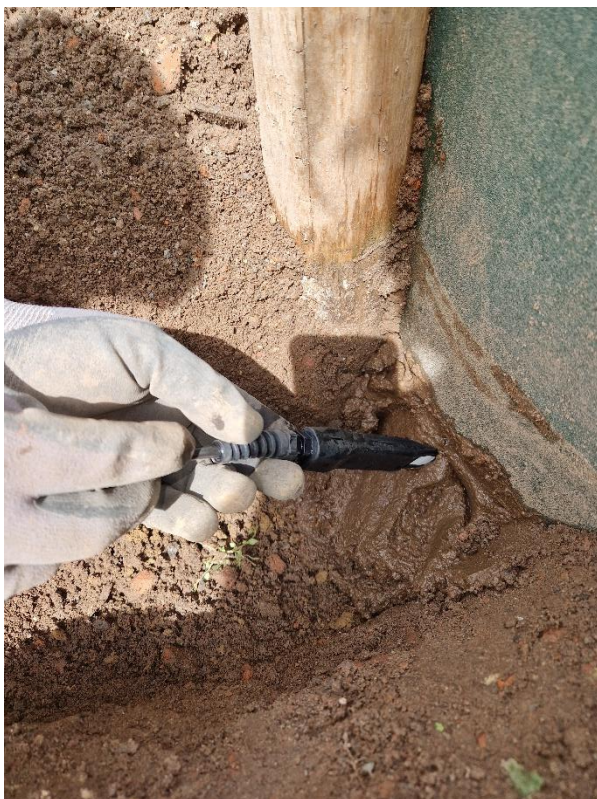


Abb. 1 & 2: Verbau von Saugspannungssensoren an einem Jungbaum - Fotos Landeshauptstadt Hannover

## Übertragungstechnologien

Zum Sammeln der erfassten Bodenfeuchte Daten können die Sensoren mit Funkeinheiten verbunden werden, welche eine drahtlose und automatisierte Übertragung ermöglichen. Die meistgenutzten Technologien zur Datenübertragung, die sich im IoT (Internet of Things) Bereich etabliert haben, sind LoRa-WAN (Long Range Wide Area Network) und NB-IoT (Narrowband Internet of Things). Die meisten Sensoren unterstützen beide Technologien und diese sind prinzipiell auch parallel nutzbar.

NB-IoT nutzt das bestehende Mobilfunknetz der Telekommunikationsunternehmen und erfordert für jede Sensoreinheit den Erwerb einer (e-)SIM-Karte. Kosten unterscheiden sich hier zwischen den Anbietern, sind allerdings auf Grund der in der Regel kleinen Datenpakete gering im Vergleich zu klassischen „Handy Sim-Karten“. Der Vorteil ist, dass die bestehende und funktionierende Mobilfunk-Infrastruktur genutzt werden kann.

LoRa-WAN benötigt ein Netzwerk aus so genannten „Gateways“, an welche die Sensoren ihre Daten übermitteln. Hier ist auf jeden Fall auf eine gute Netzabdeckung durch ausreichend Gateways zu achten, sodass keine „Funklöcher“ im Interessenbereich existieren.

Der Nachteil an LoRa-WAN besteht darin, dass die Infrastruktur in Form ausreichender Gateways zu schaffen ist, was eine initial größere Hürde ist, als für einen NB-IoT-Sensor eine SIM-Karte zu nutzen. Je mehr Sensoren jedoch geplant sind, desto schneller rechnet sich der Aufbau der LoRa-WAN Infrastruktur. Gerade wenn im Smart City Kontext der Kommune neben den Feuchtigkeitssensoren noch weitere Sensorik angedacht ist, wird dieser Schritt schnell attraktiv. Hier ist der Vorteil, dass die Kosten des Netzwerkes auf die Anzahl der Sensoren umgelegt werden und so mit jedem weiteren Sensor sinken.



Abb. 3: Funksender verbaut in einem unterirdischen Bodentank - Foto Bundeshauptstadt Wien

In jedem Fall ist es ratsam die Kosten beider Varianten in der jeweiligen Kommune gegenüberzustellen und - insbesondere bei LoRa-WAN - einen simplen Empfangstest unter Praxisbedingungen an verschiedenen Stellen im Stadtgebiet durchzuführen. Im Fall der Bodenfeuchte Sensorik bedeutet dies das Eingraben eines Testsenders. Die von den Netzbetreibern gemachten Angaben können stellenweise von der realen Abdeckung abweichen.

## **Datenverwaltung**

Ungeachtet der gewählten Übertragungstechnologie übermitteln die Sensoren die gemessenen Daten nicht als „Klartext“, sondern codiert z.B. im „HEX-Format“ an einen Server und müssen entschlüsselt werden. Viele Hersteller bieten zu den Sensoren auch eine Webumgebung an, in der diese Daten bereits aufgearbeitet visualisiert werden. Dieser Service geht mit zusätzlichen Kosten für die Dienstleistung einher, die noch zu den reinen Materialkosten der Sensoren hinzukommen.

Es ist ebenfalls möglich das Dekodieren und die Aufbereitung der Sensordaten selbst vorzunehmen. Hierfür wird normalerweise eine Anleitung vom Hersteller mitgeliefert, in der alle notwendigen Informationen zum Interpretieren der Rohdaten vorhanden sind. Anschließend sind die aufgearbeiteten Daten in den vorhandenen Datenbanken der eigenen Geodateninfrastruktur abzulegen (z.B. Oracle Database in einer ESRI-Infrastruktur oder auch eine PostGIS Datenbank). Es ist zu bedenken, dass eine Absprache mit der kommunalen Geoinformation oder anderen Parteien, die im Projekt für Datenhaltung und Aufarbeitung verantwortlich sind, stattfindet.

## **Visualisierung**

Die Visualisierung der Messdaten findet in der Regel in einer Webumgebung, also als eine über das Internet aufrufbare Webseite, statt. Diese wird als „Dashboard“ bezeichnet. Dabei kann, ähnlich wie für die Datenbanken, auf beliebige vorhandene Werkzeuge zurückgegriffen werden, deren Anwendung entsprechend geschultes Personal erfordert. Oft sind dies z.B. ESRI Dashboards bzw. WebApps oder Tools wie Grafana und Superset (Apache).

Die Darstellung der Daten ist als Tabelle, als Graph über die Zeit und als Kartenansicht möglich. Alle drei Herangehensweisen sind sinnvoll, haben individuelle Vorteile und sollten parallel genutzt werden. Inhaltlich bieten sich Ampelsysteme basierend auf den Schwellwerten für Trockenstress der verwendeten Sensoren an. So zeigt z.B. eine grüne Farbe eine gute Wasserversorgung an, eine gelbe deutet auf Bedarf für ein baldiges Gießen hin und eine rote Farbe signalisiert dringenden Handlungsbedarf. Weiterführend ist die Zuordnung der Sensoren zu Bewässerungstouren-/ Gebieten sinnvoll, für welche sie repräsentativ stehen. Hier können auch die Daten mehrerer Sensorbäume für einen Mittelwert zusammengeführt werden. In einer Kartenansicht der Stadt, können die Bewässerungstouren so visuell übersichtlich dargestellt werden.

Ebenso bietet es sich an, lokale Wetterprognosen mit in die Visualisierung einfließen zu lassen, da ein baldiger Niederschlag eine Wässerung verzögern oder ersetzen könnte. Zusätzliche Informationen für Wartungsprozesse sollten auch (ggf. in einem separaten Dashboard) bereitgestellt werden. Hier ist z.B. die Empfangsstärke oder der Batteriestand sinnvoll. Ebenso ist auch die Identifizierung unrealistischer Messwerte wichtig, die auf eine schlechte Anbindung im Boden oder gelösten Anschluss hindeuten können. Dafür oder auch

für eingestellte Schwellwerte in der Bodenfeuchte ist es möglich, automatische Benachrichtigungen an das zuständige Personal senden zu lassen.

Sollten in einer Kommune nur wenig oder keine Vorkenntnisse zu diesem Thema vorliegen, ist es empfehlenswert zunächst einige „fertige“ Produkte von Anbietern zu testen, bevor eine Eigenentwicklung angestrebt wird.

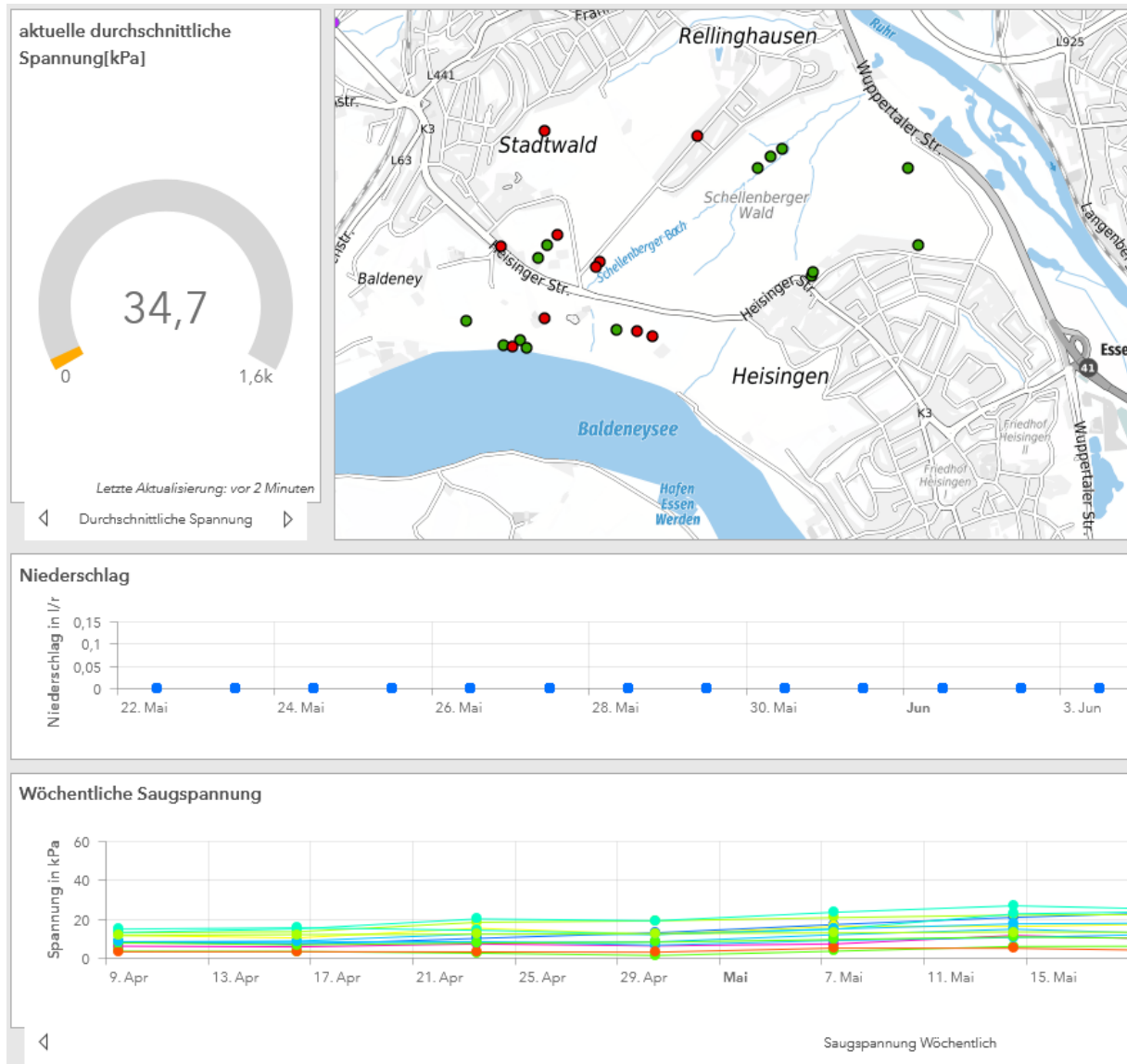


Abb. 4: Dashboard Ansicht mehrerer Saugspannungssensoren (graphisch) sowie einer Kartenansicht der einzelnen Standorte - Quelle Stadt Essen

### Sensorik an Alt- und oder Jungbäumen

Langjährige Erfahrungsberichte verschiedener Nutzer seitens Wissenschaft, Verwaltung und Wirtschaft haben bis jetzt gezeigt, dass die Ausstattung von Jungbäumen am sinnvollsten ist. Anwendungsbereiche sind hier die Etablierung von Jungbäumen in der Neu- und Nachpflanzung oder die Unterstützung von Bewässerungsstrategien bei der zusätzlichen Bewässerung über die Jungbaumpflege hinaus. In vielen Kommunen wurden beide Beispiele bereits mit Erfolg erprobt sowie die Ergebnisse in einem aktiven Austausch geteilt.

Die Instrumentierung von Altbäumen spielt dementsprechend eher eine untergeordnete Rolle. Dies hat nicht nur den Grund, dass die Ausstattung von Altbäumen im Straßenraum mit Sensoren sehr viel schwieriger ist als an Jungbäumen. Zu nennen wären hier vor allem die Verdichtung und die Versiegelung im Baumumfeld. Außerdem die Situation, dass der vorhandene Wurzelraum der Bäume sich nicht mehr vorrangig in der alten Pflanzgrube befindet. Gerade die wichtigen Areale, wo die Versorgungswurzeln liegen und die Messungen mit Sensorik stattfinden sollte, liegen in unbekannter Ferne und sind nicht nachhaltig auszustatten. Dementsprechend wird davon ausgegangen, dass Altbäume sich die Bereiche bereits erschlossen haben, an denen sie an Wasser und Nährstoffe kommen. Selbst wenn ein Sensorikeinbau erfolgreich von statten gegangen sein sollte und verwendbare Messungen dabei gewonnen werden konnten, wären die benötigten Wassermengen erheblich, um den Baum zu versorgen. Diese Menge effektiv bei den oben genannten Parametern an den Baum zu bringen, um ihn spürbar zu unterstützen, ist daher nicht umsetzbar. Aus fachlicher Sicht findet eine generelle Bewässerung von Altbäumen daher in der Regel aus Grund der Sinnhaftigkeit in der Stadt nicht statt.

Lediglich ein Einsatz bei der baumschutzfachlichen Baubegleitung z.B. bei Grundwasserabsenkungen, in extremen Dürrephasen, oder bei besonderen Altbäumen in Parkanlagen im Rahmen eines Sanierungskonzeptes kann der Einsatz von Bodenfeuchte-Sensorik sinnvoll und eine Bewässerung zielführend sein.



Abb. 5 & 6: Installation von volumetrischen Bodenfeuchtesensoren in einem Profil an einem Altbaum in einer Parkanlage - Fotos Landeshauptstadt Hannover

### **Wie viel/wie lange und wie oft sollte ein Baum überhaupt gegossen werden?**

Bäume zu wässern, ist essenziell für die Vitalität, das gesunde Wachstum und damit für das Überleben von Bäumen. Der genaue Wasserbedarf eines Baumes hängt von Faktoren wie Baumart, Baumalter, Bodenbeschaffenheit, Substrat, Standortbedingungen, Pflanzzeitpunkt

(Frühjahr oder Herbst), Schattenverhältnissen, Bebauung (intensive Abstrahlung von Glasfassaden o.ä), baulichen Einschränkungen und extremen Standortbedingungen (auf Tunneldeckeln, Tiefgaragen, Kübelstandorte o.ä.) und nicht zuletzt von der Temperatur bzw. dem Niederschlag ab. Auch die Größe der Baumscheibe, das Volumen der Baumgrube, die Pflanztechnik und die Pflanzstärke spielen eine Rolle. In der Bewässerungspraxis ist es aus logistischen Gründen nicht möglich, alle genannten Faktoren individuell zu berücksichtigen und es bedarf einer allgemeinen Bewässerungsstrategie. Extrem- und Sonderstandorte sollten durch gärtnerisches Fachpersonal gesondert betrachtet werden.

Generell sollte darauf geachtet werden, den Wurzelraum gut zu durchfeuchten. Das Wasser sollte langsam versickern und Oberflächenabfluss vermieden werden. Dies kann z.B. mittels eines Gießbrandes bzw. Gießringes erreicht werden. Längere Staunässe ist unbedingt zu vermeiden. Grundsätzlich gilt, dass bei Staunässe von mehr als 1-3 Tagen der Baum in Wachstum, Vitalität oder Regenerationsfähigkeit stark beeinträchtigt wird, bis hin zum Totalausfall.

Eine optimale Versorgung in den ersten zwei bis vier Standjahren ist empfehlenswert, damit der umgepflanzte Baum eine Chance hat, sich am Standort zu etablieren:

Nach der Pflanzung ist der Jungbaum regelmäßig, unabhängig von Niederschlägen, durchdringend zu wässern. In trockenen Perioden kann die Bewässerung auch häufiger nötig sein. Dies ist wichtig, um die Wurzelbildung zu fördern und damit den Baum in die Lage zu versetzen, sich später selbst aus tieferen Bodenschichten mit Wasser zu versorgen. Es gilt der Grundsatz, seltener, aber dafür durchdringender und tiefgründig zu wässern. Es werden bei Hochstämmen bis ca. 25 cm Stammumfang nach FLL zwischen 75 bis 100 Liter Wasser pro Bewässerungsgang empfohlen. In der Praxis sind es zwischen 100 und 200 Liter pro Bewässerungsgang und Baum.

Reduktion der Bewässerung ab dem fünften Standjahr:

In der Praxis und in den gängigen Leistungsverzeichnissen wird die Bewässerung in den Kommunen der Autor\*Innen mit zunehmendem Alter der Bäume nach und nach reduziert. Dies mit dem Ziel, die Bäume unabhängiger zu machen, sie zu einer eigenständigen Wasserversorgung zu befähigen und ihre Trockenstresstoleranz zu stärken. Erfahrungsgemäß ist eine zusätzliche Bewässerung spätestens ab dem fünften bis zehnten Standjahr nur noch bedingt notwendig, abgesehen von Extremstandorten.

In der Fachliteratur werden bisher jährlich 8 – 16 Bewässerungsgänge vor Beginn der Welkeerscheinungen in der Vegetationsperiode (April bis September) empfohlen (FLL 2015: 48)

Im Kern sollte die zusätzliche Wässerung auf ein Minimum reduziert werden. Getreu dem Motto „so viel wie nötig, so wenig wie möglich“ darf der Baum über die zusätzliche Wässerung nicht dahingehend konditioniert werden, dass er sich auf diese zusätzlichen Wassergaben verlässt und seine eigenen Anstrengungen, nachhaltig an pflanzenverfügbares Wasser zu kommen, in den Hintergrund geraten.

Langfristige Unabhängigkeit älterer Bäume sollten durch bauliche Maßnahmen wie Entsiegelung, und/oder Standortsanierung gefördert werden.

Eine Möglichkeit, den Einsatz des zusätzlichen Wassers zu reduzieren, besteht darin, dass Baums substrat, bezogen auf die Wasserhaltefähigkeit und Bodenluft zu optimieren. Darüber hinaus ist das Volumen der Baumgrube nach Möglichkeit zu vergrößern. Gemäß FLL sind 12 m<sup>3</sup> das Minimum und in Anlehnung an die „ZTV-Vectra-Mü“ bis zu 36 m<sup>3</sup> möglich. Auch

Pflanzgräben sind zu empfehlen. Beides trägt u.a. dazu bei, dass das Wasser länger im Substrat verbleibt und dem Baum nachhaltiger zur Verfügung steht.



Abb. 7: Flächenbewässerung eines Jungbaums außerhalb des Gießrings - Foto Landeshauptstadt Düsseldorf

### **Rückbau von Sensortechnik**

Grundsätzlich ist ein Komplett- oder Teilrückbau bei allen zurzeit auf dem Markt angebotenen Sensortechniken möglich, jedoch häufig nach längeren Einsätzen im Boden sehr aufwendig und kostenintensiv. Dies liegt nicht nur daran, dass sich das Wurzelwerk der Bäume mit längerer Standzeit der ausgestatteten Bäume zunehmend verstärkt und verdichtet. Weiterführend sind einige der verbauten Produkte nicht speziell rückbaufähig konzipiert, weil sie normalerweise zwar im Boden, aber nicht im Baumbereich eingesetzt werden. Der Anwender muss daher für sich bereits in der Vorplanung abwägen, ob der Verbleib im Boden zu tolerieren ist oder ob ein Rückbau der Technik dringend erforderlich ist. Hier steht die Wirtschaftlichkeit gegenüber der Umweltverschmutzung im Zentrum der Abwägung. Wobei dem Umweltaspekt in heutiger Zeit die größere Gewichtung zugesprochen werden sollte. Um dem zu entsprechen sind auch aktuell schon rückbaufähige und langlebigere Sensoren auf dem Markt erwerblich und werden durch die Hersteller kontinuierlich mit neuen Lösungen immer weiterentwickelt und konzipiert. Diese Technik erleichtert den Rückbau und die Wiederverwendung der Sensoren. Sollte sich dennoch dafür entschieden worden sein, die Sensoren im Boden zu belassen, ist zu

beachten, dass lediglich die reinen Sensoren im Boden verbleiben. Die dazugehörigen Sendeeinheiten, der Bodentank und die Batterien können leicht geborgen werden. Dies verringert zwar nicht komplett, aber dennoch maßgeblich den Eintrag in den Boden.

### **Sensorik in der Automatisierung von Bewässerung**

Ein halbautomatisches Bewässerungssystem z.B. bestehend aus einem Magnetventil-gesteuerten Wasserzufluss und einem Tropfschlauchsystem (FLL 2015: 45), kann mithilfe von Bodenfeuchte-Sensorik zu einem vollautomatischen Regelkreis erweitert werden. Dieser hält die Bodenfeuchte im gemessenen Bereich konstant innerhalb einer eingestellten Feuchtigkeitsspanne. Der Einsatz dieser Systeme in der Grünraumbewirtschaftung stellt sich immer dann als besonders geeignet heraus, wenn die Pflanzen, die auf diese Weise versorgt werden, niemals unabhängig von der Bewässerung sein können. Beispielsweise bei Bäumen, denen zu wenig nutzbarer Wurzelraum zur Verfügung steht oder bei wasserbedürftigen Beet-Pflanzungen. Die höheren Anschaffungskosten können sich so über einen langen Zeitraum amortisieren.

### **Weitere Aspekte zur Sensortechnik**

Bodenfeuchte-Sensoren finden neben der Baumbewässerung auch noch einen wertvollen Anwendungsbereich in der Begleitung und Quantifizierung von städtischen Pilotprojekten. Zum Beispiel bei der Verwendung eines neu konzipierten Baumsubstrates, von unterschiedlichen Rigolen-Systemen oder bei der Einleitung von Niederschlagswasser in Baumscheiben.

Die Kombination von Bodenfeuchte-Daten mit einer KI basierten Auswertung bzw. Modellierung von Bodenfeuchte im Rahmen des kommunalen Bewässerungsmanagements ist ein Ansatz, der viel Potential bietet und aktuell erforscht wird.

## **Arbeitskreis Stadtbäume**

25.08.2026

### **Literaturverzeichnis**

**FLL** Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V. Empfehlungen für Baumpflanzungen. Teil 1: Planung, Pflanzarbeiten, Pflege (2015).

Bonn: Eigenverlag

**FLL** Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V. Bewässerungsrichtlinien – Richtlinien für die Planung, Installation und Instandhaltung von Bewässerungsanlagen in Vegetationsflächen (2015)

Bonn: Eigenverlag