

Abb.1: Die Wurzeln von *Acer pseudoplatanus* L. haben einen Haarriss in der massiven Betondecke einer Bunkeranlage durchwachsen. Nach dem Erreichen des Bodens können die funktionsfähigen Wurzeln weiterhin zur Versorgung der oberirdischen Organe beitragen. | Foto: Hartmut Damerow



Abb.2: Ein wiederkehrendes Bild bei Aufgrabungen im Gehwegbereich. Wurzeln wachsen nach dem Eintritt in den Leitungsgraben parallel zum Kanal und geraten mit der Leitung in Kontakt. | Foto: Heiko Schmiedener

fähigkeit hängt die Existenz des ganzen Baumes ab. Bäume benötigen nicht nur gesunde Wurzeln, auch das Volumen dieser unterirdischen Versorgungsorgane muss in einem ausgewogenen Verhältnis zur Menge der in den Kronen vorhandenen oberirdischen Versorgungsorgane, den Blättern stehen. Nur dann sind Bäume im „Gleichgewicht“ und können ihre vielfältigen, positiven Wirkungen für das Klima uneingeschränkt erbringen.

Zum Wurzelwachstum

So unterschiedlich das äußere Erscheinungsbild der Baumarten auch sein mag und so unterschiedlich ihr natürliches Wurzelwachstum auch sei, eines ist allen Baumarten gemeinsam: ihre Wurzeln wachsen bevorzugt dort, wo sie neben ausreichender Bodenfeuchte ein gutes Angebot an Sauerstoff vorfinden. Liegt dessen Gehalt im Gasgemisch des Bodens unter 11% kommt das Wurzelwachstum in aller Regel zum Erliegen. Die Wurzeln sterben ab und nachfolgend auch der oberirdische Baum. Der erforderliche Gasaustausch im Boden ist unter anderem an die vorhandene Menge der weiten Poren gekoppelt [Faltermeyer, R. 1996, Hintermaier, E. & Zech, W. 1997].

Neben den chemischen und biologischen Eigenschaften eines Bodens, üben die bodenphysikalischen Gegebenheiten des Standorts den größten Einfluss auf die Entwicklung von Wurzeln aus. Diese Faktoren können die genetische Veranlagung von Bäumen, eine bestimmte Wurzeltracht auszubilden, nachhal-

Wurzelwachstum von Bäumen im Visier

Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt fördert eine Versuchsanlage mit 24 Bäumen in Osnabrück.

VON M. STRECKENBACH, K. SCHRÖDER, C. BENNERSCHIEDT, TH. STÜTZEL

Die Lebensvorgänge der Bäume wurden in den vergangenen Jahrzehnten weitgehend erforscht. Zu dem erworbenen Wissen „rund um

den Baum“ gehören auch Kenntnisse über die Grundlagen des Wurzelwachstums. Wurzeln entziehen sich in der Regel unseren Blicken und so verwundert es nicht, dass sie hin und wieder regelrecht in Vergessenheit geraten. Doch von ihrer Gesundheit und Funktions-

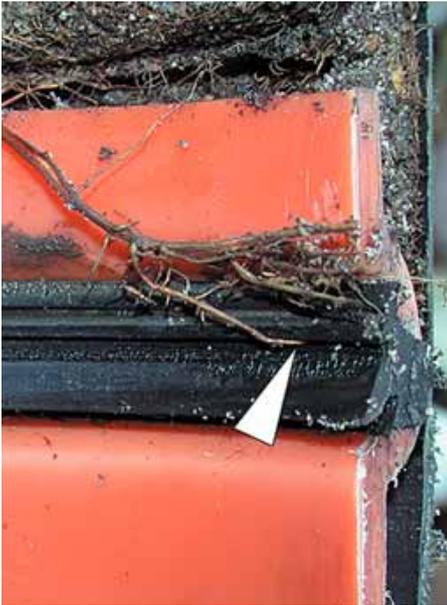


Abb.4: Einwurzelung in eine Rohrverbindung. Das Dichtelement dieser korrekt installierten Verbindung wurde von einer etwa 1 mm dünnen Weidenwurzel unterwandert.



Abb.5: Unsachgemäßes Arbeiten bei Aufgrabungen im Bereich von Leitungsgräben führt häufig zu Wurzelverletzungen, welche betroffene Bäume in ihrer Existenz gefährden können. | Foto: Heiko Schmiedener

tig überlagern [Doussan et al. 2003]. In zahlreichen Untersuchungen wurden diese Sachverhalte nachgewiesen und fanden Einzug in die Praxis. Die gegen Mitte der 1980er Jahre begonnene und seitdem vielfach publizierte Entwicklung von Pflanzsubstraten [Liesecke 1991.; Krieter 1989.; Schröder & Grimm-Wetzel 1989], deren Verwendung in vielen Städten Europas und in den USA quasi zum Standard geworden ist [Grabosky 2002], sowie die Anwendung neuer vegetations- und bautechnischer Verfahren sind Beispiele für die Umsetzung dieser Erkenntnisse [Schröder 2003]. Aufgrund vielfältiger Beobachtungen in der Praxis aber auch bei der Entwicklung von Substraten ist auch deutlich geworden, dass es möglich ist Wurzeln zu „lenken“ [Heidger 2002]. Diese Erkenntnis wird bei innerstädtischen Baumpflan-

zungen auch im Zusammenhang mit Leitungsschutzmaßnahmen an Bedeutung gewinnen (Abb. 3).

Wenn keine optimalen Voraussetzungen für die Ausbreitung der Wurzeln herrschen, können Bäume das Wurzelwachstum den Gegebenheiten anpassen um die Ausbildung eines ausreichenden Wurzelvolumens sicherzustellen. Können beispielsweise typische Tiefwurzler wie Eichen, Platanen oder Kiefern wegen hoch anstehendem Grundwasser oder wegen undurchdringbarer Schichten nicht in die Tiefe wachsen, bilden sie oberflächennahe, flachere Wurzelteller aus [Meyer 1986]. Auf sehr flachgründigen Böden können Bäume in tiefe Spalten einwurzeln, um das hinein gespülte mineralische und organische Feinmaterial für sich zu erschließen. Die Felsbrocken können dabei als

Widerlager fungieren und in das Wurzelfundament integriert werden. Unter geeigneten Bedingungen können Wurzeln auch große Hohlräume durchqueren um die Wasser- und Nährstoffversorgung der gesamten Pflanze auch auf Extremstandorten sicherzustellen (Abb. 1).

Bäume in der Stadt

Da Bäume nicht zwischen einer Felspalte und einem Kanalrohr, einem Felsbrocken und einer Gasleitung unterscheiden können, kann es auch auf innerstädtischen Standorten mit ihren oft ungünstigen Bedingungen zu Konflikten kommen (Abb. 2). Sie deshalb als Störenfriede zu betrachten und sie daher in der Stadt für unerwünscht zu erklären, würde bedeuten, ihre für das Leben der Menschen in den Städ-

Abb.3: Im Untergrund unserer Städte geht es zuweilen eng zu. Die Grafik verdeutlicht die Notwendigkeit von Leitungsschutzmaßnahmen zur Verminderung unerwünschter Interaktionen zwischen Wurzeln und Rohrleitungen. | Quelle: RWE-Magazin 2-2006, ergänzt





Abb.6: Versuchsfeld auf dem Betriebsgelände des ehemaligen Grünflächenamtes in Osnabrück. Zustand im Jahre 2006. | Alle Fotos: Markus Streckenbach

ten essenziellen Leistungen zu negieren. Insbesondere vor dem Hintergrund der intensiv geführten Diskussionen um die gefährlichen, oftmals todbringenden Auswirkungen von Feinstäuben und die Auswirkungen von klimaschädlichen Gasen, wie CO₂, kann die Bedeutung der Bäume bei der Reduzierung von Luftschadstoffen nicht hoch genug bewertet werden [vgl. Bruse 2003].

Die Erkenntnis, dass Baumwurzeln nicht nur mehr oder weniger nach unten oder horizontal wachsen, sondern in sprichwörtlich alle Richtungen, kann jeder erlangen, der Aufgrabungen im Wurzelbereich von Bäumen aufmerksam verfolgt. Oft werden dabei Schulbuch gemäße Vorstellungen des Wurzelwachstums durch die Realität drastisch korrigiert. Findet man unter der Pflasterdecke einer viel befahrenen

reinen Hauptverkehrsstraße in dem einen Falle in Stammnähe funktionsfähige, gesunde Wurzeln, kann das in einem anderen Falle völlig anders sein.

Bäume und Leitungen

Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass Baumwurzeln nur dann in Leitungen mit Steckverbindungen eindringen können, wenn deren Muffen defekt sind oder die Rohre selbst Schäden aufweisen. Sogar der Bundesgerichtshof hat sich in einem Urteil zum Einwachsen von Wurzeln in Leitungen diese Annahme zu Eigen gemacht [Breloer 2001]. Ergebnisse von Untersuchungen an der Ruhr-Universität Bochum [Stützel & Bosseler 2003, Streckenbach et al. 2007] und die Erkenntnisse der Wissenschaft-



Abb.7: Blick in den Untergrund nach der Entnahme der Bäume. Deutlich ist die Anlage der Wurzelgräben zu erkennen. Zur Dokumentation des Wurzelwachstums wurden die Füllmaterialien ausgeräumt.

ler der Universität Alnarp, Schweden, belehren uns eines Besseren [Stål & Ridgers 2004]. Die Muffendichtungen solcher Leitungen sind dazu geeignet, das in den Rohren fließende Abwasser, wie in der DIN 4060 gefordert, nicht austreten zu lassen. Für die Wurzeln von Bäumen stellen sie jedoch kein unüberwindbares Hindernis dar (Abb. 4). Schätzungen zufolge, müssen allein in Schweden jährlich zwischen 50 und 70 Millionen € aufgewendet werden, um auf diese Weise verstopfte Entwässerungsleitungen zu sanieren [Stål 2005] - Zahlen die den Handlungsbedarf verdeutlichen. Insbesondere die Dichtungen der Muffen von Steinzeug-, Beton- und PVC-Leitungen sind in Hinblick auf die neuen Erkenntnisse zu optimieren. Aber auch eine Optimierung des Bettungsmaterials der Rohre durch den Einsatz flüssiger oder fester, porenarmer Verfüllmaterialien, mit dem Ziel der Minimierung bzw. Vermeidung der Durchwurzelbarkeit, erscheint als Ergänzung erforderlich. Die Trennung von Leitungsgraben und Leitungstrasse könnte auch dazu beitragen, das Risiko von Wurzelverletzungen bzw. Wurzelverlusten bei nachträglichen Aufgrabungen (Abb. 5) zu verringern.

Das Institut für Unterirdische Infrastruktur (IKT) mit Sitz in Gelsenkirchen, der Lehrstuhl für Evolution und Biodiversität der Pflanzen an der Ruhr-Universität Bochum (RUB) sowie der vormalige Eigenbetrieb Grünflächen und Friedhöfe der Stadt Osnabrück haben sich dazu entschlossen, die anstehenden Fragestellungen in Abstimmung mit nationalen und internationalen Experten gemeinsam zu untersuchen. Mit finanzieller Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt wurde kürzlich damit begonnen, die Grundlagen hierfür zu schaffen.



Abb.8: Öffnung des Wurzelraumes einer Tilia intermedia-Pflanzung. Der Blick in die frei geräumten Wurzelgräben zeigt das Fehlen von Wurzeln in den Füllmaterialien und das im Gegensatz dazu bevorzugte Wurzelwachstum entlang der Grenzflächen zwischen Kunststofffolien und anstehendem Substrat.



Abb.10: Das Wurzelsystem einer entnommenen Platane wird von Folien und Substraten befreit. Auch jetzt, einige Jahre nach den ersten Untersuchungen, zeigt sich das Wurzelwachstum bevorzugt an den Grenzflächen zwischen Folie und anstehendem Boden sowie im zentralen Bereich des Ballens.

Füllmaterialien und Wurzelwachstum

Im Rahmen einer an der Ruhr-Universität Bochum durchgeführten Promotion zum Thema „Interaktionen zwischen Wurzeln und unterirdischer technischer Infrastruktur“ [Streckenbach 2009], wurden die Wurzelräume ausgewählter Gehölze einer Baumpflanzung in Osnabrück freigelegt (Abb. 6). Die Versuchsanlage wurde 1997 mit dem Ziel angelegt, herauszufinden, welche Füllmaterialien in Wurzelgräben bevorzugt durchwurzelt werden und ob es baumartbedingte Unterschiede gibt. Auf dem Versuchsgelände wurden 21 Bäume in speziell vorbereitete Pflanzgruben eingesetzt. Die Auswahl der Gehölze umfasste jeweils sieben Exemplare von *Fraxinus excelsior* L., *Platanus*

acerifolia und *Tilia intermedia* cv. 'Pallida'. Die Pflanzgruben besaßen einen Kern mit einem Volumen von 1 m³. Von diesem Zentrum gingen kreuzweise, jeweils vier 1 m lange, 50 cm breite und 1 m tiefe Wurzelgräben ab. Die Innenräume der Pflanzgruben wurden mit Unter- und Obersubstraten verfüllt und anschließend bepflanzt. [Stadt Osnabrück (Hrsg.), 1997] Sowohl das hier verwendete Unter- als auch das Obersubstrat sind Mischungen nach in der Stadt

Osnabrück praxiserprobten Rezepturen, deren Hauptbestandteile Eifellava, Sand und Kompost bzw. Perlite zu unterschiedlichen Teilen (Vol.-%) und Qualitäten (Körnungen) bilden. Die Wände der Gräben wurden mit Kunststofffolien versehen und anschließend mit den vier unterschiedlichen Substraten, die sich im Rahmen anderer Maßnahmen als sehr „wurzelfreundlich“, d. h. gut durchwurzeltbar, erwiesen hatten, verfüllt (Abb. 7).

- Schotter/Karbonquarzit, Ø 16 – 32 mm
- Groblava (Eifel), Ø 100 – 150 mm
- Groblava-Feinboden (gemischt über Schüttkegel)
- Groblava-Feinboden (Feinboden eingeschlämmt)

Nach der Verdichtung mit einer Rüttelplatte wurden einige Gräben oberflächlich mit Kunststofffolien abgedeckt und abschließend mit einer 50 mm starken Sandschicht zur Simulation von Luftabschluss versehen. Den Abschluss des Obersubstrates im Zentrum der Pflanzungen bildete Mulch. Die Öffnung der Wurzelgräben erfolgte sektorenweise unter dem Einsatz einer Druckluftlanze. Nach der Entfernung der Seitenwände konnte das Füllgut aus den Gräben gespült werden, die Freilegung der Wurzelsysteme im Zentrum der Pflanzgru-



Abb.9: Das Umsetzen der Großbäume wurde von Vertretern der beteiligten Kooperationspartner begleitet (v.l.): IKT-Geschäftsführer Roland W. Waniek, DBU-Generalsekretär Dr. Fritz Brickwedde, Stadtrat Wolfgang Griesert, Umweltdezernent der Stadt Osnabrück und Prof. Dr. Thomas Stützel, Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Evolution und Biodiversität der Pflanzen. Klaus Schröder erläutert das Verfahren. | Foto: DBU

ben erfolgte ebenfalls mit einem Wasserstrahl. Das in allen freigelegten Gräben beobachtete Wurzelwachstum zeigte sich in der Hauptsache an den Grenzflächen zwischen den eingesetzten Kunststoffolien und dem anstehenden Boden (Abb. 8). Entgegen den Erwartungen waren nur einige Wurzeln wenige Zentimeter in die Grabenfüllmaterialien eingewachsen. Die Hauptmasse der Wurzeln fand sich jeweils im Zentrum der Pflanzgrube. Neben der wichtigen Erkenntnis, dass Grenzflächen im Boden aufgrund ihrer Eigenschaften selbst beim Vorliegen optimaler Substrateigenschaften bevorzugt durchwurzelt werden, sowie den daraus abzuleitenden Rückschlüssen auf das Wurzelwachstum entlang von Ver- und Entsorgungseleitungen, konnte die Ausbildung von sehr ähnlichen Wurzelsystemen bei den untersuchten Pflanzungen beobachtet werden. Aufgrund des somit relativ genau bekannten Wachstums der Baumwurzeln an diesem Standort, erschienen sie den Planern der Untersuchungen wie gemacht für die weiteren Versuchsanordnungen mit Fokus auf die Verhinderung von Durchwurzelungsschäden unter Einsatz von geeigneten Bettungsmaterialien.

Bäume wurzeln in neuer Versuchsanlage

Aufgrund geänderter Ziele für die zukünftige Nutzung der Fläche auf der die Bäume bisher standen, wurden diese Ende November 2009 zum westlichen Rand eines benachbarten Friedhofs verpflanzt. Bei der Großbaumverpflanzung, die als Phase 1 des Gesamtprojekts gilt und von der DBU finanziell gefördert wurde, erhielten die Bäume Wurzelballen mit einem Durchmesser von 3 m und rund 1,3 m Höhe, was einem Volumen von etwa 4,5 m³ entspricht (Abb. 9). Nach jeder Baumentnahme wurde die Verteilung der Wurzeln in den unterschiedlichen Füllmaterialien an den Enden der Wurzelgräben erfasst und dokumentiert.

Für eine weitergehende Begutachtung wurde das Wurzelsystem eines Baumes nach der Entnahme freigespült (Abb. 10). Das Zentrum des Ballens zeigte eine insgesamt gleichmäßige Durchwurzelung mit einem hohen Feinwurzelanteil und bestätigte damit die bisherigen Beobachtungen. Daher erscheint es sehr wahrscheinlich, dass beim Verpflanzen der Bäume der größte Teil ihres Wurzelwerks in den Wurzelballen erhalten geblieben ist. Anschließend fand auch dieser Baum seinen Platz in der neuen Versuchsanlage. An ihrem neuen Standort wurden die Gehölze in einer Reihe mit Abständen von sechs Metern zueinander ge-



Abb.11: Das neu bepflanzte Versuchsfeld am Waldfriedhof Dodeshaus in Osnabrück. Die Reihenpflanzung wurde so angelegt, dass sie auch nach Versuchsbeendigung als Abschirmung gegenüber dem geplanten Baugebiet erhalten werden kann.

pflanzt (Abb. 11) und anschließend einheitlich bis auf eine Höhe von etwa 4 m aufgeastet. Der darauf durchgeführte Kronenschnitt erfolgte in Form einer Kombination von leichter Kroneneinkürzung und einer moderaten Kronenauslichtung/Kronenpflege.

Bevor der erforderliche Wurzelschnitt und die Anlage der so genannten Reha-Zonen erfolgen, werden zunächst die Oberflächen der Wurzelballen von Gras- und Krautbewuchs befreit sowie die seinerzeit auf den Wurzelgräben eingebauten Folien mit dem Ziel entfernt, den Gasaustausch im Wurzelbereich zu fördern und damit die Möglichkeiten des Wurzelwachstums zu optimieren. Das Ausmaß und die Lage der während der Verpflanzung stattgefundenen Wurzelverletzungen sind bekannt, so dass die Versuchsleitungen gezielt in der unmittelbaren Nähe der sich neu entwickelnden Adventivwurzeln platziert werden können.

Ausblick

In einer folgenden Phase der Untersuchungen sollen Rohrleitungen mit gesteckten Verbindungen aus verschiedenen Werkstoffen in den Wurzelbereichen der Bäume verlegt und mit fließfähigen und/oder schüttfähigen, porenarmen Bettungsmaterialien ummantelt werden. Außerdem sollen Möglichkeiten der Wurzel lenkung im Bereich der Leitungstrassen überprüft werden. Die Beantwortung bisher offener Fragen durch interdisziplinäre Zusammenarbeit wird dazu beitragen, das Nebeneinander von Bäumen und Leitungen in Zukunft konfliktfreier zu gestalten – zum Wohle aller.

ZU DEN AUTOREN

Dipl.-Ing. Christoph Bennerscheidt, Projektleiter am Institut für Unterirdische Infrastruktur (IKT) Gelsenkirchen.

Dipl.-Ing. Klaus Schröder, vormals Leiter Eigenbetrieb Grünflächen & Friedhöfe, Osnabrück.
Prof. Dr. Thomas Stützel und Dr. Markus Streckenbach, Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Evolution und Biodiversität der Pflanzen.
Dr. Markus Streckenbach, Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Evolution und Biodiversität der Pflanzen.

Literatur

- Breloer, H., 2001: Fach- und Rechtsfragen zu Bäumen. Tagungsband Osnabrücker Baumpflegetage
Bruse, M., 2003: Stadtgrün und Stadtklima. LÖBF-Mitteilungen 27(1), 66-70
Doussan, C.; Pagès, L.; Pierret, A., 2003: Soil exploration and resource acquisition by plant roots: an architectural and modelling point of view. *Agronomie* 23, 419-431 Faltermeier, R., 1996: Lebensraum Boden. Praktischer Unterricht Biologie. Stuttgart; München; Düsseldorf; Leipzig: Klett
Grabosky, J., 2002: Die Reaktion von Bäumen auf strukturstabile Substratmaterialien bei der Verwendung an Baumstandorten in versiegelten Bereichen. Tagungsband Osnabrücker Baumpflegetage
Heidger, C., 2002: Wurzeln sind lenkbar! Optimierungsmöglichkeiten im Wurzelraum von Straßenbäumen. Tagungsband 20. Osnabrücker Baumpflegetage
Hintermaier-Erhard, G.; Zech, W., 1997: Wörterbuch der Bodenkunde. Stuttgart: Enke Krieter, M.; Bill, A.; Malkus, A.; Würdig, G., 1989 Standortoptimierung von Straßenbäumen. Forschungsbericht, Teil 1, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL), Bonn,
Liesecke H.-J., 1991: Vegetations- und bautechnische Maßnahmen zur Verbesserung des Wurzel- und Standraumes von Bäumen in Stadtstraßen. Tagungsband 9. Osnabrücker Baumpflegetage
Meyer, F. H., 1986: Einfluss des Standortes auf die Wurzelbildung von Bäumen. Tagungsband 4. Osnabrücker Baumpflegetage
Schröder, K., 2003: Wurzelraum unter Fahrbahnen – Beispiele aus Osnabrück. Tagungsband 21. Osnabrücker Baumpflegetage
Schröder, K.; Grimm-Wetzel, P., 1989: Versuche zur Wurzelbildung von Straßenbäumen unter Vorgabe von definierten Substraten. Tagungsband 7. Osnabrücker Baumpflegetage
Stadt Osnabrück (Hrsg.): Wurzelraumoptimierung – Beispiele aus Osnabrück, 1997 Stäl, Ö.: 2005: pers. Mitteilung
Stäl, Ö.; Ridgers, D., 2004: Management and planning solutions to modern PVC- and concrete sewer pipes` lack of resistance to root penetration. Tagungsband 22. Osnabrücker Baumpflegetage
Streckenbach, M.; Stützel, Th.; Bennerscheidt, C.; Schröder, K. (2007): Wurzeln und unterirdische Infrastruktur. *AFZ-DerWald* 62(4): 194-196.
Streckenbach, M., 2009: Interaktionen zwischen Wurzeln und unterirdischer technischer Infrastruktur – Grundlagen und Strategien zur Problemvermeidung. Dissertation, Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Biologie und Biotechnologie.
www-brs.uni-bochum.de/netahtml/HSS/Diss/StreckenbachMarkus/
Stützel, Th.; Bosseler, B., 2003: Ursachen des Wurzeleinwuchses in Kanälen. *Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft Bochum* 45: 153-162. ■