

Abschlussbericht

Umweltsicherer Kanalbau durch wurzelfeste Bettung der Rohre – Teil 1:

Verpflanzung von Großbäumen mit unterirdischer Versuchsanlage
(Wurzelgräben) am Standort Osnabrück



Fördermittelgeber:



DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt
An der Bornau 2
49090 Osnabrück

AZ: 28019

Bearbeitung:

Dipl.-Ing. Christoph Bennerscheidt
Dipl.-Ing. (FH) Frank Bludau
Dipl.-Biol. Heiko Schmiedener,
Dipl.-Ing. Klaus Schröder
Dr. rer. nat. Markus Streckenbach
Prof. Dr. Thomas Stützel

Gelsenkirchen, Februar 2011

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



AZ	28019	Referat	23	Fördersumme	51.719,00 €
Antragstitel		Umweltsicherer Kanalbau durch wurzelfeste Bettung der Rohre - Teil 1: Bau der unterirdischen Versuchsanlage (Wurzelgräben) mit Großbäumen am Standort Osnabrück			
Stichworte		Abwasser, Kanalisation, Baumstandorte, Substrat, Wurzeln			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
16 Monate	12.11.2009	28.02.2011	1		
Zwischenberichte					
Bewilligungsempfänger		IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH Exterbruch 1 45886 Gelsenkirchen		Tel 02 09 / 1 78 06 - 25 Fax 02 09 / 1 78 06 - 88	
				Projektleitung Dipl.-Ing Christoph Bennerscheidt	
				Bearbeiter Herr Dipl.-Ing. (FH) Frank Bludau Dipl.-Biol. Heiko Schmiedener, Dipl.-Ing. Klaus Schröder, Dr. rer. nat. Markus Streckenbach, Prof. Dr. Thomas Stützel	
Kooperationspartner		Stadt Osnabrück Osnabrücker ServiceBetrieb .Straßen.Abfall.Grün. Hafenringstr. 12 49090 Osnabrück Lehrstuhl für Evolution und Biodiversität der Pflanzen der Ruhr-Universität Bochum Universitätsstr. 150 44801 Bochum			
Zielsetzung und Anlass des Vorhabens					
Hauptziel des durchgeführten Forschungsvorhabens war es, eine Versuchsanlage, bestehend aus 21 Großbäumen mit definierten Wurzelräumen vom Betriebsgelände Knollstraße auf den ca. 500 m entfernt liegenden Ausweichstandort „Waldfriedhof Dodeshaus“ umzupflanzen.					
Anlass war die geplante Weiternutzung der bestehenden Versuchsanlage in Osnabrück, die im Frühjahr 1997 auf dem Gelände eines Bauhofes an der Knollstraße mit dem Ziel angelegt wurde, herauszufinden, welche Füllmaterialien in Wurzelgräben bevorzugt durchwurzelt werden und ob es baumartbedingte Unterschiede gibt.					

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

- Vorbereitung der neuen Versuchsfläche auf dem Randstreifen des Waldfriedhof Dodeshaus (zur Verfügung gestellt von der Stadt Osnabrück)
- Umpflanzung/Umsetzen des Baumbestandes incl. Wurzelgräben mit einer Baumverpflanzmaschine durch die Fa. Opitz GmbH
(Auf diese Weise können die Bäume komplett mit dem dazu gehörenden, speziell als Versuchsaufbau angelegten Wurzelraum, umgepflanzt werden)
- Planung von Langzeitversuchen auf der neuen Versuchsfläche, Planung von Projekten zur Wissensvermittlung für Entscheidungsträger und Baupraktiker

Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden die insgesamt 21 Großbäume der bestehenden Versuchsanlage mit definiert eingebauten Wurzelräumen vom Betriebshof Knollstraße der Stadt Osnabrück auf den ca. 500 m weit entfernten Waldfriedhof Dodeshaus umgepflanzt. Zusätzlich wurden drei weitere Großbäume in die neu angelegte Versuchsanlage integriert. Während der Umpflanzung mit einer Verpflanzmaschine für Großbäume wurde die Wurzelentwicklung untersucht und dokumentiert. Somit wurde eine Versuchsanlage für die Erprobung von Baumsubstraten und Verfüllmaterialien für unterirdische Leitungen geschaffen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Wurzelentwicklung bestätigen, dass das Wachstum von Wurzeln in signifikanter Weise vom zur Verfügung stehenden Substrat beeinflusst wird. Die im Kulturversuch nachgewiesenen Anhäufungen von Wurzeln an den Grabenwänden sind nicht auf eine Trennung von Substratbereichen in Form von Folien zurückzuführen. Im Rahmen der durchgeführten Aufgrabungen wurde nachgewiesen, dass Wurzeln, unabhängig vom Vorhandensein einer Folienabtrennung, bevorzugt an Grenzflächen zwischen unterschiedlichen Substraten wachsen.

Die vorgefundenen Wurzeln waren vornehmlich im Zentrum der Pflanzgruben und an den Grenzflächen zwischen anstehendem Boden und den Wurzelgräben gewachsen. Dabei hat sich das Wurzelwachstum auf die Bereiche des porenreichen, lava- oder schotterhaltigen Baumsubstrates beschränkt. Der anstehende Boden wurde nicht oder nur in geringem Umfang durchwurzelt.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

- Darstellung und Diskussion des Projektes im Rahmen von Sitzung der DWA-Arbeitsgruppe 3.6 „Baumstandorte, Kanäle und Leitungen“.
- Pressemitteilung der DBU über die Großbaumverpflanzung „Wider den wilden Wurzelwuchs: Kanäle umweltschonend bauen (vgl. http://www.dbu.de/123artikel29560_106.html).
- Einbeziehung der Projektziele in Fachvorträgen zum Thema Bäume und unterirdische Infrastruktur, z.B. auf den Deutschen Baumpflehtag 2010.

Fazit

Die im Rahmen des hier beschriebenen Vorhabens erstellte Versuchsanlage und die bisher erzielten Untersuchungsergebnisse liefern die Basis für die Durchführung der weiteren Langzeitversuche im Wurzelraum der umgepflanzten Bäume. Hauptaugenmerk künftiger Untersuchungen ist die praktische Anwendbarkeit porenarmer Verfüllmaterialien zum Leitungsschutz in der Insitu-Situation „Leitungsgraben neben Baumstandort“ in Kombination mit porenreichen Substraten zur Förderung des Wurzelwachstums.

Die hier beschriebene Methode zum Schutz von Leitungen durch den Einsatz von wurzelabweisender Verfüllmaterialien stellt im Vergleich zum noch geltenden Regelwerk, dem ATV H-162 „Baumstandorte und unterirdische Ver- und Entsorgungsanlage“ einen neuen Ansatz zum Schutz von Leitungen dar. In ATV H-162 werden folgende möglichen Schutzmaßnahmen genannt:

- Trennwände aus Stahl, Beton oder wurzelfeste Kunststoffplatten,
- ringförmige Trennwand,
- Schutzrohre, längsgeteilte Schutzrohre

Über die Wirksamkeit dieser Bauweisen zum Schutz von Elementen der unterirdischen Infrastruktur gibt es nur wenige Erfahrungen. Die in den letzten Jahren veröffentlichten Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen Bodenporen, Schichtgrenzen und dem Wurzelwachstum haben darüber hinaus die Frage nach der Wirksamkeit aufkeimen lassen. Vor diesem Hintergrund ergibt sich ein Informationsdefizit bei den Betreibern von Ver- und Entsorgungsnetzen sowie bei Grünflächenämtern über den Erfolg der bereits verbauten Wurzelschutzelemente nach ATV H-162.

Durch die internationale und interdisziplinäre Betrachtung des durch Wurzeln, Abwasserkanäle und –leitungen sowie Versorgungsleitungen gemeinsam genutzten Raumes wurde die Basis für eine gemeinschaftliche Betrachtungsweise geschaffen. Dies führte unter dem Eindruck des Klimawandels zu ersten Ansätzen einer gemeinsamen Nutzung desselben Raumes im Sinne einer Doppelnutzung als optimierter Wurzelraum auf der einen und Regenwasserspeicher auf der anderen Seite. Im Artikel „Lokale Extremwetterereignisse und die zunehmende Bedeutung der Regenwassernutzung für das öffentliche Grün“ [20] erschienen im Jahrbuch der Baumpflege 2010 wurde die Anwendbarkeit anhand von drei Fallbeispielen ausführlich dargestellt. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen leiten sich allerdings einige wesentlichen Fragen ab:

- Welches sind die typischen Standorte für Kombinationslösungen?
- Welche weiteren Einflussfaktoren sind zu berücksichtigen (z.B. Streusalz, Staunässe)?
- Wie sind die Anlagen zu bemessen?
- Wie kann die Wasseraufnahme und Verdunstungsrate bei der Bemessung berücksichtigt werden?
- Wie lassen sich positive Auswirkungen für das Kleinklima quantifizieren?

Fördermittelgeber:



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt
An der Bornau 2
49090 Osnabrück

Auftragnehmer:



IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur
Institute for Underground Infrastructure

IKT - Institut für Unterirdische
Infrastruktur gGmbH
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen

Fachliche Begleitung



Stadt Osnabrück
Osnabrücker ServiceBetrieb
Straßen.Abfall.Grün.
Hafenringstr. 12
49090 Osnabrück

**Wissenschaftliche
Begleitung:**



Ruhr-Universität Bochum
Fakultät für Biologie und Biotechnologie
LS für Evolution und Biodiversität der
Pflanzen
Universitätsstraße 150
44801 Bochum

Inhaltsverzeichnis

Projektkennblatt	2
1 Zusammenfassung	9
2 Einleitung	10
3 Vorhabensdurchführung	13
3.1 <i>Beschreibung der Versuchsanlage „Knollstraße“</i>	14
3.2 <i>Ergebnisse zur Wurzeleinwicklung in der Versuchsanlage „Knollstraße“</i>	16
3.3 <i>Umpflanzung der bestehenden Versuchsanlage</i>	16
3.4 <i>Dokumentation der Wurzelentwicklung</i>	18
3.4.1 <i>Wurzelwachstum außerhalb der Wurzelgräben</i>	19
3.4.2 <i>Wurzelwachstum im Bereich der Substrate / Schutzfolien</i>	19
3.4.3 <i>Bewertung</i>	21
3.4.4 <i>Zusammenfassung</i>	23
4 Ausblick	24
5 Anhang	26
6 Literatur	35

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1:** Übersicht des Projektverlaufes: **Phase I** (Teilprojekt 1) Verpflanzung von Großbäumen mit unterirdischer Versuchsanlage am Standort Osnabrück. **Phase II** (Teilprojekt 2) Anlage der Rehabilitationszonen an den verpflanzten Großbäumen mit unterirdischer Versuchsanlage am Standort Osnabrück. (beantragt) **Phase III** (Teilprojekt 3) Anlagen von Versuchgräben mit wurzelabweisenden Verfüllmaterialien im Wurzelbereich von Bäumen (geplant). 11
- Abb. 2: Umpflanzung der Versuchseinrichtung Knollstraße. Links: Roter Kreis – Betriebshof Knollstraße mit Versuchseinrichtung. Rotes Rechteck – Lage der neuen Standorte auf dem Friedhof Dodeshaus. Rechts: Detail Friedhof Dodeshaus – Entwurfsplanung für die Baumstandorte..... 13
- Abb. 3, oben:** Darstellung des Versuchsfeldes auf dem Betriebsgelände des ehemaligen Grünflächenamtes in Osnabrück. Nummerierung der Gehölze vor der Verpflanzung und Kennzeichnung der Baumarten (Verlauf der Wurzelgräben hervorgehoben, gestrichelte Linien markieren Ersatzpflanzungen). 15
- Abb. 4: Pflanzgrube mit Wurzelgräben und geplantem Ausmaß der Wurzelballen nach dem Verpflanzen, Draufsicht 15
- Abb. 5: Pflanzgrube mit abgehenden Wurzelgräben, Schnitt 15
- Abb. 6: Geöffneter Wurzelraum am Standort einer Kaiserlinde (*Tilia intermedia*). In den Füllmaterialien der aufgedugenen Wurzelgräben wuchsen nur wenige Wurzeln. Im Gegensatz dazu entwickelten sich die Wurzeln bevorzugt entlang der Grenzflächen zwischen Kunststofffolien und anstehendem Substrat. 16
- Abb. 7: Geöffnete Pflanzgruben mit Blick auf die Fragmente der Wurzelgräben nach Entnahme von Bäumen mithilfe der Rundspatenmaschine. Zur Dokumentation des Wurzelwachstums wurden die Füllmaterialien teilweise aufgedug. 17
- Abb. 8: Neu bepflanzt Versuchsfeld am Waldfriedhof „Dodeshaus“ in Osnabrück. Zustand im Jahre 2009. Nummerierung der Gehölze vor der Verpflanzung hervorgehoben, aktuelle Nummerierung daneben in Klammern. Ergänzung des Bestandes durch ein Exemplar Ginkgo (*Ginkgo biloba*) (aktuell Baum Nr. 2) sowie 2 Exemplare Eiche (*Quercus*) (aktuell Bäume Nr. 3 und 4). 18
- Abb. 9: A** Entnahme eines Baumes auf dem 1997 erstellten Versuchsfeld an der Knollstraße mithilfe der Rundspatenmaschine [11]. **B** Analyse der Verteilung der Feinwurzelmasse am Beispiel eines frei gespülten Wurzelballens einer Platane (Baum Nr. 18). Der überwiegende Anteil von Feinwurzeln befindet sich im zentralen Bereich des ausgehobenen Ballens. 19
- Abb. 10: A, B** Aushub der Pflanzgrube von Baum Nr. 2 (*Tilia*, aktuell Baum Nr. 10), durchtrennte oberflächliche Starkwurzeln. **C, D** Wurzelgräben von Baum Nr. 15 (*Platanus*, aktuell Baum Nr. 11), stärkere Wurzeln im Schotter und Feinwurzelgeflechte in Füllmaterial II (Groblava). **E, F** Wurzelgräben von Baum Nr. 5 (*Tilia*, aktuell Baum Nr. 12), Füllmaterial I (Schotter) ebenso frei von Wurzeln wie Wurzelgraben III (Groblava-Feinboden „eingeschlämmt“), letzterer mit mehreren stärkeren Wurzeln in der Nähe der Grabenwand (jedoch außerhalb des Grabens). 29
- Abb. 11: A, B** Aushub der Pflanzgrube von Baum Nr. 4 (*Fraxinus*, aktuell Baum Nr. 13), Blick auf die drei vollständig erhalten gebliebenen Enden der Wurzelgräben I-III. **C, D** Gehäuftes Vorkommen von Feinwurzeln in Wurzelgräben I und IV (Schotter und Groblava-Feinboden „Schüttkegel“) bei Baum Nr. 16 (*Fraxinus*, aktuell Baum Nr. 14). **E, F** Oberflächlich wachsende durchtrennte Starkwurzeln von Baum Nr. 19 (*Tilia*, aktuell Baum Nr. 15), Aushub der Pflanzgrube mit erkennbar fehlenden Schutzfolien im Bereich der Grabenwände. 30

- Abb. 12: A, B** Wurzelgräben I (Schotter) und II (Groblava) von Baum Nr. 17 (*Platanus*, aktuell Baum Nr. 16), gehäuftes Vorkommen von stärkeren Wurzeln an den folienfreien Grabenwänden. **C, D** Keine Ausbildung von Feinwurzeln und/oder stärkeren Wurzeln in den Wurzelgräben von Baum Nr. 14 (*Tilia*, aktuell Baum Nr. 17). **E, F** Baum Nr. 13 (*Fraxinus*, aktuell Baum Nr. 18), gehäuftes Vorkommen von Feinwurzeln in Graben I (Schotter) und Ausbildung einer stärkeren Wurzel in Füllmaterial II (Groblava)..... 31
- Abb. 13: A, B** Baum Nr. 20 (*Platanus*, aktuell Baum Nr. 19), gehäuftes Vorkommen von stärkeren Wurzeln an den folienfreien Grabenwänden der Gräben I (Schotter) und II (Groblava). **C, D** Baum Nr. 10 (*Fraxinus*, aktuell Baum Nr. 20), Starkwurzel an der Folie von Graben III (Groblava-Feinboden „eingeschlämmt“) und gehäuftes Auftreten von Feinwurzeln in Füllmaterial IV (Groblava-Feinboden „Schüttkegel“). **E, F** Baum Nr. 18 (*Platanus*, aktuell Baum Nr. 1), gehäuftes Vorkommen von Feinwurzeln und stärkeren Wurzeln in Graben I (Schotter) und Konzentration des Wurzelwachstums auf den Bereich der Grabenwände (Graben II „Groblava“)...... 32
- Abb. 14: A, B** Gehäuftes Auftreten von stärkeren Wurzeln in Füllmaterial I (Schotter) und an den Wänden von Graben III (Groblava-Feinboden „eingeschlämmt“) bei Baum Nr. 21 (*Platanus*, aktuell Baum Nr. 9). **C, D** Baum Nr. 7 (*Fraxinus*, aktuell Baum Nr. 8), Starkwurzel an der Folie von Graben II (Groblava) und gehäuftes Auftreten von Feinwurzeln in Füllmaterial IV (Groblava-Feinboden „Schüttkegel“). **E, F** Durchtrennte, oberflächlich wachsende Starkwurzeln von Baum Nr. 11 (*Tilia*, aktuell Baum Nr. 7) und Vorkommen einer stärkeren Wurzel an der Wand von Graben III (Groblava-Feinboden „eingeschlämmt“)...... 33
- Abb. 15: A, B** Baum Nr. 8 (*Tilia*, aktuell Baum Nr. 6), Ausbildung einer stärkeren Wurzel an der Wand von Graben I (Schotter) und fehlendes Wurzelwachstum in Füllmaterial II (Groblava). **C, D** Baum Nr. 12 (*Platanus*, aktuell Baum Nr. 5), mehrere stärkere Wurzeln in Füllmaterial I (Schotter) und vereinzelte Feinwurzeln in Graben IV (Groblava-Feinboden „Schüttkegel“). **E, F** Gehäuftes Vorkommen von Feinwurzeln in den Füllmaterialien I (Schotter) und III (Groblava-Feinboden „eingeschlämmt“) der Wurzelgräben von Baum Nr. 1 (*Platanus*, aktuell Baum Nr. 21)..... 34

1 Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden die insgesamt 21 Großbäume einer bestehenden Versuchsanlage mit definiert eingebauten Wurzelräumen vom Betriebs-hof Knollstraße der Stadt Osnabrück auf den ca. 500 m weit entfernten Waldfriedhof Dodeshaus umgepflanzt. Zusätzlich wurden drei weitere Großbäume in die neu angelegte Versuchsanlage integriert. Während der Umpflanzung mit einer Verpflanzmaschine für Großbäume wurde die Wurzelentwicklung untersucht und dokumentiert. Somit wurde eine Versuchsanlage für die Erprobung von Baumsubstraten und Verfüllmaterialien für unterirdische Leitungen geschaffen. Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Wurzelentwicklung bestätigen, dass das Wachstum von Wurzeln in signifikanter Weise vom zur Verfügung stehenden Substrat beeinflusst wird.

Hauptaugenmerk künftiger Untersuchungen mit der Versuchsanlage ist die praktische Anwendbarkeit porenarmer Verfüllmaterialien zum Leitungsschutz in der Insitu-Situation „Leitungsgraben neben Baumstandort“ in Kombination mit porenreichen Substraten zur Förderung des Wurzelwachstums.

Die hier beschriebene Methode zum Schutz von Leitungen durch den Einsatz von wurzelabweisenden Verfüllmaterialien stellt im Vergleich zum noch geltenden Regelwerk, dem ATV-H 162 „Baumstandorte und unterirdische Ver- und Entsorgungsanlage“ [1] einen neuen Ansatz zum Schutz von Leitungen dar. In ATV-H 162 werden z.B. Trennwände aus unterschiedlichen Werkstoffen oder Schutzrohre als Schutzmaßnahmen genannt.

Über die Wirksamkeit dieser Bauweisen zum Schutz von Elementen der unterirdischen Infrastruktur gibt es nur wenige Erfahrungen. Die in den letzten Jahren veröffentlichten Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen Bodenporen, Schichtgrenzen und dem Wurzelwachstum haben darüber hinaus die Frage nach der Wirksamkeit aufkeimen lassen. Vor diesem Hintergrund ergibt sich ein Informationsdefizit bei den Betreibern von Ver- und Entsorgungsnetzen sowie bei Grünflächenämtern über den Erfolg der bereits verbauten Wurzelschutzelemente nach ATV-H 162.

Durch die internationale und interdisziplinäre Betrachtung des durch Wurzeln, Abwasserkanäle und -leitungen sowie Versorgungsleitungen gemeinsam genutzten Raumes wurde die Basis für eine gemeinschaftliche Betrachtungsweise geschaffen. Dies führte unter dem Eindruck des Klimawandels zu ersten Ansätzen einer gemeinsamen Nutzung desselben Raumes im Sinne einer Doppelnutzung als optimierter Wurzelraum auf der einen und Regenwasserspeicher auf der anderen Seite. Im Artikel „Lokale Extremwetterereignisse und die zunehmende Bedeutung der Regenwassernutzung für das öffentliche Grün“ erschienen im Jahrbuch der Baumpflege 2010 wurde die Anwendbarkeit anhand von drei Fallbeispielen ausführlich dargestellt. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen leiten sich einige wesentlichen Fragen ab.

- Welches sind die typischen Standorte für Kombinationslösungen?
- Welche weiteren Einflussfaktoren sind zu berücksichtigen (z.B. Streusalz, Staunässe)?
- Wie sind die Anlagen zu bemessen?
- Wie kann die Wasseraufnahme und Verdunstungsrate bei der Bemessung berücksichtigt werden?
- Wie lassen sich positive Auswirkungen für das Kleinklima quantifizieren?

2 Einleitung

Im Jahr 1997 wurden auf dem Gelände des ehemaligen Grünflächenamtes der Stadt Osnabrück (Betriebshof Knollstrasse) Versuchspflanzungen von Laubbäumen angelegt. Ziel der Versuche war, festzustellen, welche Füllmaterialien in Wurzelgräben bevorzugt durchwurzelt werden und ob baumartbedingte Unterschiede im Wurzelwachstum existieren. Auf dem Versuchsgelände wurden 21 Bäume in speziell vorbereitete Pflanzgruben eingesetzt. Die Auswahl der Gehölze umfasste jeweils sieben Exemplare der Gemeinen Esche (*Fraxinus excelsior* L.), der Hybridplatane (*Platanus × acerifolia*) und der Kaiserlinde (*Tilia × intermedia* cv. 'Pallida'). Sie wurden jeweils in Pflanzgruben mit den Maßen Breite x Höhe x Tiefe von 1m x 1m x 1 m gepflanzt. An diese Pflanzgruben schlossen sich jeweils um 90° versetzt vier Gräben mit jeweils 4 unterschiedlichen Füllmaterialien an.

Aufgrund des gut dokumentierten und im Rahmen von Probegrabungen bestätigten Aufbaus der Versuchsanlage bot es sich an, diesen Versuchsstand für weitergehende Untersuchungen zu nutzen.

Aufgrund der Ergebnisse der vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landschaftsentwicklung und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalens geförderten Forschungsvorhaben „Wurzeleinwuchs in Abwasserleitungen und Kanäle“ (vgl. [2] und [3]) wurde ein Bedarf für Produkte zum Schutz von Leitungen vor Wurzeln erkannt. Insbesondere die Ergebnisse von Versuchen und Aufgrabungen zum Wuchsverhalten von Wurzeln in Böden mit unterschiedlichen Porenräumen zeigten, dass ein wirksamer Wurzelschutz durch den Einsatz von porenarmen Verfüllstoffen erreicht werden kann. Eine Produktgruppe, die entsprechende Bodeneigenschaften aufweisen kann, sind die sogenannten selbstverdichtenden Verfüllmaterialien im Sinne des DWA-A 139, Ausgabe Dezember 2009 (vgl. [4]). Eine Übertragung dieser wissenschaftlichen Ergebnisse zum Wurzelschutz in die Baupraxis fehlt bisher. Vor diesem Hintergrund wurde das mehrteilige Projekt „Umweltsicherer Kanalbau durch wurzelfeste Bettung der Rohre“ gestartet und durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt gefördert. Die grundsätzlichen Ideen zum Schutz von Abwasserkanälen und Leitungen durch den Einsatz von porenarmen Verfüllstoffen wurden bereits durch die DWA Arbeitsgruppe 3.6 „Baumstandorte, Kanäle und Leitungen“ in den Gelbdruck des Merkblattes 162 der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. DWA M-162 „Baumstandorte, Kanäle und Leitungen“ (vgl. [5]) textlich beschrieben, so dass die angestrebten Ergebnisse einen wichtigen Beitrag zum Einsatz von Verfüllstoffen mit nachgewiesener Wirkung leisten werden. Die weitergehenden Hinweise der Arbeitsgruppenmitglieder werden bei der Versuchskonzeption ebenfalls berücksichtigt.

Die bisherige Planung sieht die Durchführung von insgesamt drei Teilprojekten vor:

- Teil 1: Verpflanzung von Großbäumen mit unterirdischer Versuchsanlage (Wurzelgräben) am Standort Osnabrück. (vgl. Phase I in Abb. 1)
- Teil 2: Anlage von Rehabilitationszonen an den verpflanzten Großbäumen mit unterirdischer Versuchsanlage (Wurzelgräben) am Standort Osnabrück. (vgl. Phase II in Abb. 1)
- Teil 3: Anlage von Versuchsräumen mit wurzelabweisenden Verfüllmaterialien im Wurzelbereich von Bäumen. (vgl. Phase III in Abb. 1)

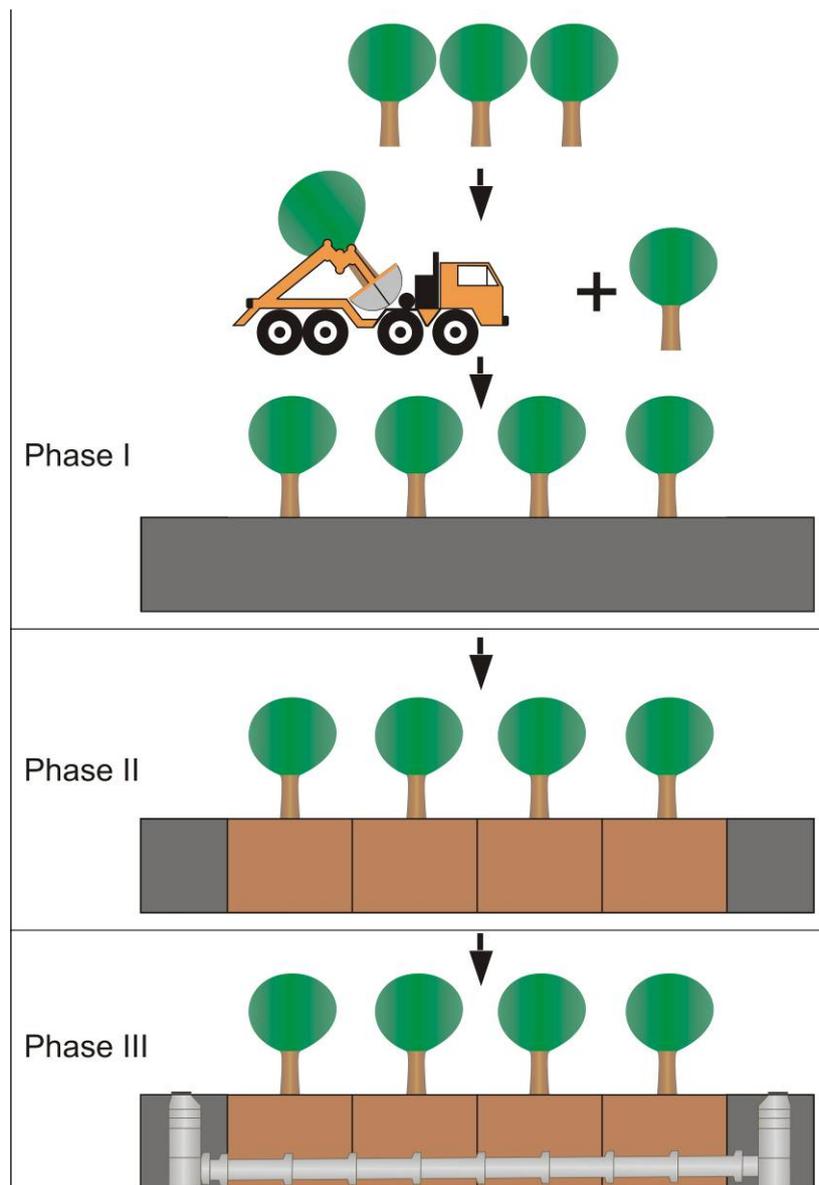


Abb. 1: Übersicht des Projektverlaufes: **Phase I** (Teilprojekt 1) Verpflanzung von Großbäumen mit unterirdischer Versuchsanlage am Standort Osnabrück. **Phase II** (Teilprojekt 2) Anlage der Rehabilitationszonen an den verpflanzten Großbäumen mit unterirdischer Versuchsanlage am Standort Osnabrück. (beantragt) **Phase III** (Teilprojekt 3) Anlagen von Versuchsräumen mit wurzelabweisenden Verfüllmaterialien im Wurzelbereich von Bäumen (geplant).

Dieser Bericht beschreibt die Ergebnisse des Projektteils 1: Verpflanzung von Großbäumen mit unterirdischer Versuchsanlage (Wurzelgräben) am Standort Osnabrück.

Hauptziel dieses Projektteils (Teil 1) war es, die Versuchseinrichtung, bestehend aus 21 Bäumen mit definierten Wurzelräumen für im Detail noch zu planende Langzeitversuche vom Betriebsgelände Knollstraße auf den ca. 500 m entfernt liegenden Ausweichstandort „Waldfriedhof Dodeshaus“ umzupflanzen.

Durch die Umpflanzung ergab sich darüber hinaus die Chance, die Wurzelentwicklung an den Schnittstellen zwischen verpflanztem Wurzelballen und verbleibendem Boden/Substrat zu dokumentieren und dieses Wissen für die Planung und Durchführung der weiteren Projektteile zur Verfügung zu stellen. Diese Ergebnisse sind im Rahmen dieses Berichtes dargestellt.

Aufgrund der bisher lediglich in Ansätzen gelösten Probleme zwischen Grünflächenbetreibern auf der einen und Betreibern von unterirdischen Ver- und Entsorgungsnetzen auf der anderen Seite besteht auf beiden Seiten ein Informationsbedarf. Verstärkt wird dieser Bedarf durch die Veröffentlichung des Merkblatts DWA M-162 „Baumstandorte, Kanäle und Leitungen“ als Gelbdruck in dessen Vorwort explizit die **gemeinsame Nutzung des unterirdischen Raumes** durch Bäume sowie unterirdischen Leitungen und Kanäle als Lösungsweg formuliert wurde:

„Um dennoch mögliche Wege zur gemeinsamen Nutzung des Raums durch Bäume sowie unterirdische Leitungen und Kanäle zur verdeutlichen, werden im vorliegenden Merkblatt die Zusammenhänge zwischen Trassen und Wurzelwachstum kompakt dargestellt und Empfehlungen für Planung, Bau, Betrieb, Unterhalt (Instandhaltung) und Sanierung gegeben. Zielgruppen sind Netzbetreiber, Grünflächen- und Forstverwaltungen, Straßenbaulastträger, Kommunalverwaltungen, Garten-/Landschaftsbaubetriebe und Tiefbauunternehmen sowie allgemein Bauingenieure, Landschaftsarchitekten, Planer und Sachverständige.“

Mit Blick auf die weitergehende Nutzung des unterirdischen Raumes wird im Sinne eines Ausblicks die Bandbreite der möglichen Themenfelder aufgezeigt. In dieses Kapitel flossen insbesondere ein:

- die Erfahrungen aus der COST Action C15 [6],
- die Ergebnisse der ersten Expertenrunde „Wurzelfeste Bettung der Rohre“ [7],
- die Ergebnisse des internationalen Symposiums TAUP 2007 - Trees and Underground Pipes [8] sowie
- erste Ansätze aus Schweden zur Optimierung von Baumstandorten mit dezentraler Regenwasserbewirtschaftung.

3 Vorhabensdurchführung

Im Rahmen des hier beschriebenen Vorhabens wurde eine Versuchsanlage errichtet mit der in naher Zukunft Bettungsmaterialien hinsichtlich Ihrer Eignung zum Schutz von Leitungen und Kanälen gegen Wurzeln untersucht werden können. Im ersten Schritt wurde im November 2009 die Versuchsanlage, bestehend aus 21 Großbäumen, mit einer Rundspatenmaschine verpflanzt. Aufgrund der Größe der Bäume, der Größe der Pflanzgrube und den durch vorherige punktuelle Aufgrabungen festgestellten Wurzelverläufen musste eine möglichst große Rundspatenmaschine eingesetzt werden. Vor diesem Hintergrund kam die Rundspatenmaschine der Fa. Opitz, Heideck zum Einsatz, die einen Ballen mit 3,0 m Durchmesser an der Oberfläche und einer Tiefe von 1,6 m ausstechen kann. Die Bäume wurden jeweils auf dem Betriebsgelände Knollstraße entnommen und über eine Strecke von ca. 500 m zum nahegelegenen Friedhof Dodeshaus transportiert (vgl. Abb. 2).

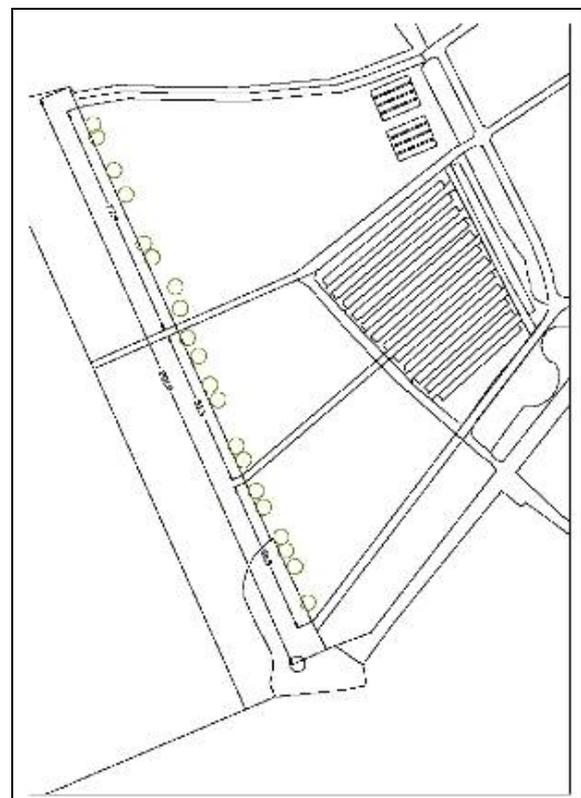


Abb. 2: Umpflanzung der Versuchseinrichtung Knollstraße. Links: Roter Kreis – Betriebshof Knollstraße mit Versuchseinrichtung. Rotes Rechteck – Lage der neuen Standorte auf dem Friedhof Dodeshaus. Rechts: Detail Friedhof Dodeshaus – Entwurfsplanung für die Baumstandorte

Durch diese auch in Baumschulen übliche Methode der Verpflanzung von Großbäumen war es möglich, einen Eindruck über die Wurzelentwicklung an den Schnittstellen zwischen verpflanztem Wurzelballen und verbleibendem Boden/Substrat zu gewinnen. Die aufgrund der Inaugenscheinnahme gewonnenen Erkenntnisse wurden dokumentiert und sind im Folgenden dargestellt. Darüber hinaus werden die Ergebnisse der punktuellen Aufgrabungen im Wurzelbereich einzelner Bäume im Vorfeld der Umpflanzungen beschrieben.

3.1 *Beschreibung der Versuchsanlage „Knollstraße“*

Die Pflanzgruben (vgl. Abb. 4 und Abb. 5) haben jeweils ein Volumen von 1 m³. An den Pflanzgruben schließen jeweils vier rechtwinklig abgehende Wurzelgräben mit den Maßen 1 m x 0,5 m x 1 m an. Die Pflanzgruben wurden mit Unter- und Obersubstraten verfüllt und anschließend bepflanzt. Sowohl das Ober- als auch das Untersubstrat wurden nach praxiserprobten Rezepturen der Stadt Osnabrück gemischt. Die Hauptbestandteile beider Substrate bilden Eifellava, Sand und Kompost bzw. Perlite zu unterschiedlichen Teilen (Vol.-%) und Qualitäten (Körnungen). Die Wände der Wurzelgräben wurden bei einem Teil der Pflanzgruben mit Kunststofffolien versehen und die Gruben mit vier unterschiedlichen Substraten (I bis IV) verfüllt. Substrate von vergleichbarer Zusammensetzung und Qualität wurden bereits für erfolgreich durchgeführte Baumstandortoptimierungen verwendet, da sie sich als gut durchwurzelbar erwiesen haben [9], [10].

- (I) Schotter, Korngröße 16 – 32 mm [9], [10]
- (II) Groblava, Korngröße 100 – 150 mm [9]
- (III) Groblava-Feinboden (Feinboden eingeschlämmt) [9]
- (IV) Groblava-Feinboden (gemischt über Schüttkegel) [9]

Der Einbau dieser Füllmaterialien erfolgte jeweils entgegen dem Uhrzeigersinn in der Reihenfolge: **I – II – III – IV**. 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 Rindenmulch.

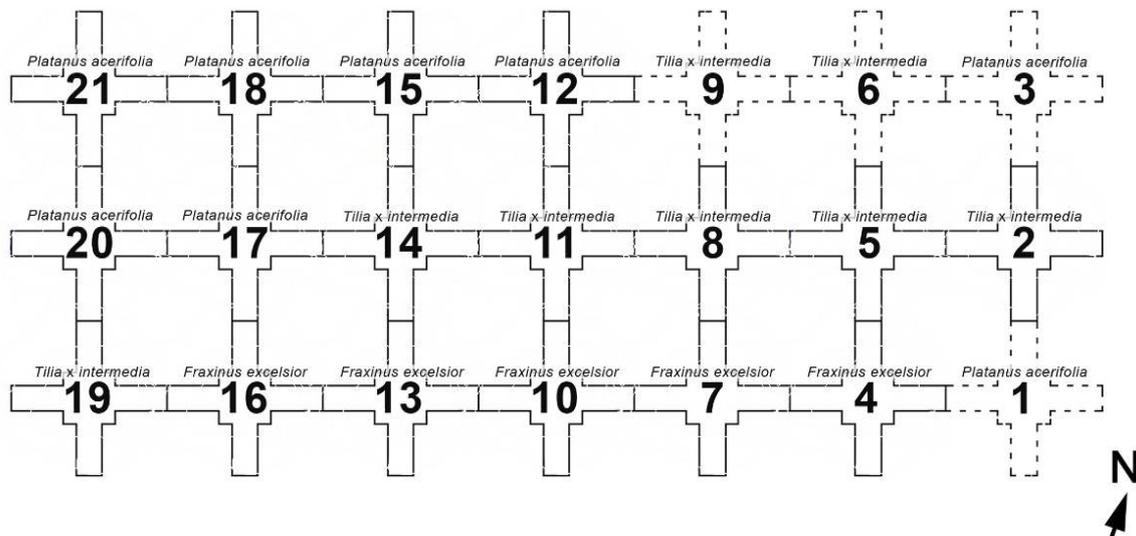


Abb. 3, oben: Darstellung des Versuchsfeldes auf dem Betriebsgelände des ehemaligen Grünflächenamtes in Osnabrück. Nummerierung der Gehölze vor der Verpflanzung und Kennzeichnung der Baumarten (Verlauf der Wurzelgräben hervorgehoben, gestrichelte Linien markieren Ersatzpflanzungen).

rechts: Zustand des Versuchsfeldes im Jahre 2006.

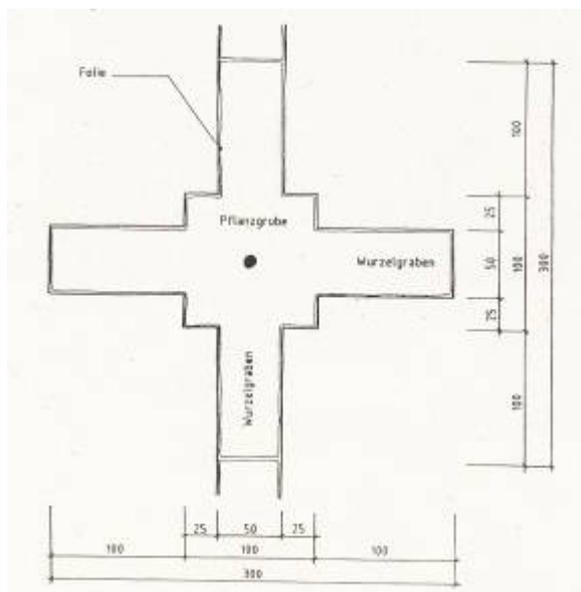


Abb. 4: Pflanzgrube mit Wurzelgräben und geplante Ausmaß der Wurzelballen nach dem Verpflanzen, Draufsicht

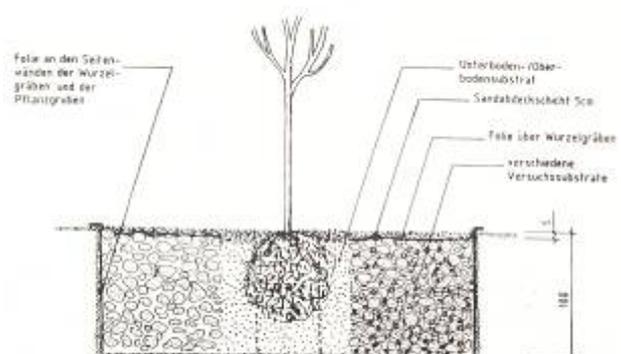


Abb. 5: Pflanzgrube mit abgehenden Wurzelgräben, Schnitt

3.2 Ergebnisse zur Wurzeleinwicklung in der Versuchsanlage „Knollstraße“

Im Rahmen von punktuellen Kontrolluntersuchungen wurden Wurzelgräben vor der Verpflanzung sektorenweise unter dem Einsatz einer Druckluftlanze geöffnet. Nach Entfernung der Seitenwände wurde das Füllgut aus den Gräben gespült, die Freilegung der Wurzelsysteme im Zentrum der Pflanzgruben erfolgte dann mit einem Wasserstrahl. Entgegen den Erwartungen waren nur einige Wurzeln in die Grabenfüllmaterialien eingewachsen. Wurzeln, die in Richtung der Wurzelgräben gewachsen waren, befanden sich stattdessen hauptsächlich an den Grenzflächen zwischen den eingesetzten Kunststofffolien und dem anstehenden Boden. Die Hauptmasse der Wurzeln befand sich bei den untersuchten Baumstandorten im Zentrum der Pflanzgrube (vgl. Abb. 6).



Abb. 6: Geöffneter Wurzelraum am Standort einer Kaiserlinde (*Tilia intermedia*). In den Füllmaterialien der aufgedugenen Wurzelgräben wuchsen nur wenige Wurzeln. Im Gegensatz dazu entwickelten sich die Wurzeln bevorzugt entlang der Grenzflächen zwischen Kunststofffolien und anstehendem Substrat.

Grenzflächen im Boden werden aufgrund ihrer Eigenschaften selbst beim Vorliegen optimaler Substrateigenschaften bevorzugt durchwurzelt. Darüber hinaus wurde die Ausbildung von einander sehr ähnlichen Wurzelsystemen bei den untersuchten zwei Pflanzungen nachgewiesen.

3.3 Umpflanzung der bestehenden Versuchsanlage

Ende November 2009 wurden insgesamt 24 Bäume von ihren Standorten auf dem Betriebshof Knollstraße an den neuen Standort auf dem Gelände des Friedhofs Dodeshaus in Osnabrück mit Hilfe einer Rundspatenmaschine vom Typ Optimal 3000 der Fa. Opitz, Heideck [11] verpflanzt. Während der Entnahme der Bäume wurde die Verteilung der Wurzeln an den freigelegten Enden der ausgesparten Wurzelgräben in den unterschiedlichen Füllmaterialien erfasst.

Die Analyse des bis zum Zeitpunkt der Umpflanzung erfolgten Wurzelwachstums dient der Überprüfung der bisherigen Beobachtungsergebnisse. Darüber hinaus bildet die Kenntnis der räumlichen Ausbreitung der Wurzeln eine Grundlage für die präzise Plat-

zierung der geplanten Versuchsleitungen in der neu anzulegenden Versuchsanlage (vgl. Abb. 1, Phase III).

Die bei einigen Bäumen zahlreich ausgebildeten, oberflächlich wachsenden Starkwurzeln, wurden vor dem Einsatz der Rundspatenmaschine manuell durchtrennt. Durch diese Maßnahme wurden das Risiko des Spleißens der Wurzeln verringert und die Größe der Wundflächen minimiert. Die Reihenfolge des Aushebens der Gehölze richtete sich nach deren Zugänglichkeit für die eingesetzte Maschine. Die neu entstehende Reihenpflanzung auf dem Waldfriedhof Dodeshaus wurde nach Möglichkeit gemischt angelegt, d.h. es wurde das Aufeinanderfolgen unterschiedlicher Gattungen angestrebt.

Nach der Entnahme eines Gehölzes folgte jeweils die Begutachtung der Wurzelgrabenfragmente in der Pflanzgrube. Im Bereich der Gräben gewachsene Wurzeln wurden durch das Entfernen der Füllmaterialien freigelegt und fotografisch dokumentiert (vgl. z.B. Abb. 7).



Abb. 7: Geöffnete Pflanzgruben mit Blick auf die Fragmente der Wurzelgräben nach Entnahme von Bäumen mithilfe der Rundspatenmaschine. Zur Dokumentation des Wurzelwachstums wurden die Füllmaterialien teilweise aufgegraben.

Nach Inaugenscheinnahme der 21 Gehölze am Standort „Knollstrasse“ wurden drei weitere Bäume auf dem Gelände zur Verpflanzung mit der Rundspatenmaschine ausgewählt (vgl. Kapitel 1). In der Auswahl befanden sich zwei Exemplare Eiche (*Quercus* L.) sowie ein Exemplar Gingko (*Ginkgo biloba* L.). Diese dienen sowohl zur Ergänzung des Bestandes an Versuchspflanzen als auch zur Erweiterung des Artenspektrums an verwendeten Gehölzen am neuen Standort „Dodeshaus“ (Abb. 8).

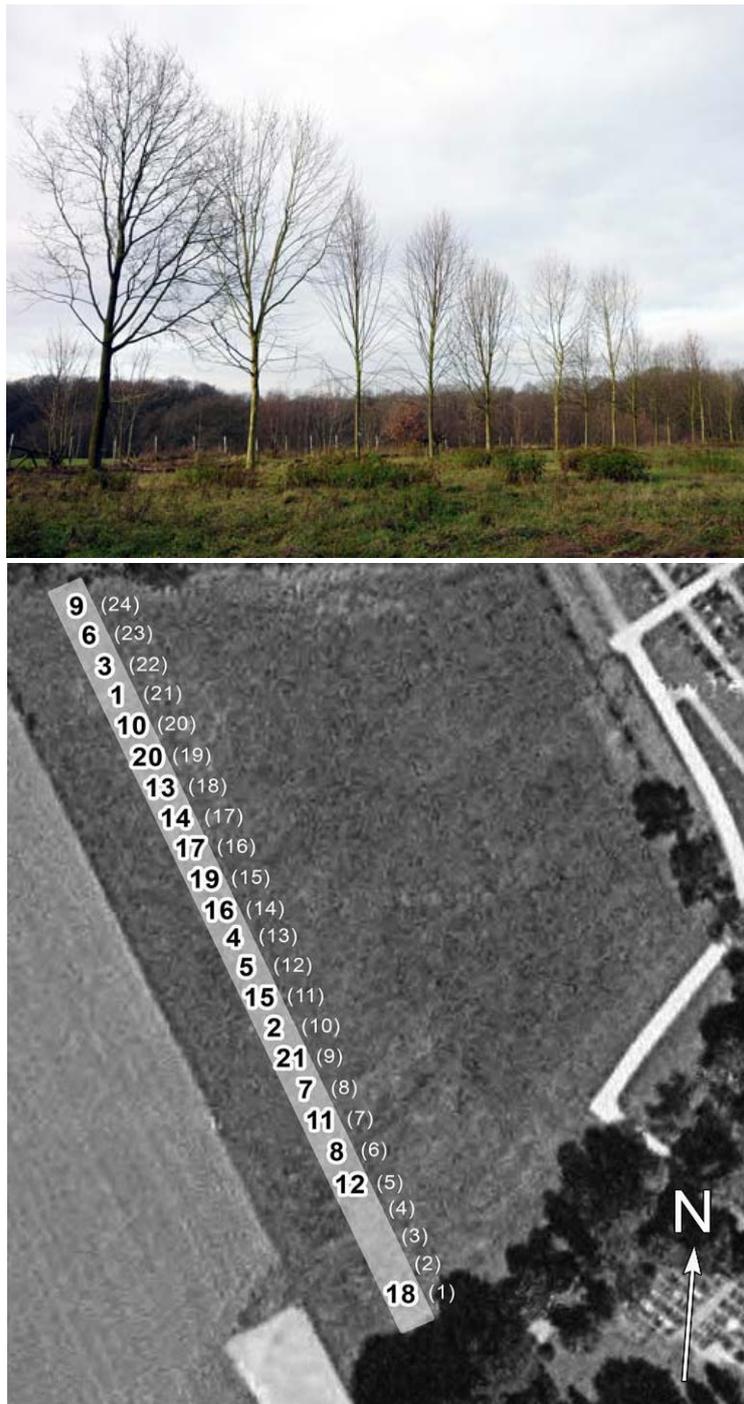


Abb. 8: Neu bepflanztes Versuchsfeld am Waldfriedhof „Dodeshaus“ in Osnabrück. Zustand im Jahre 2009. Nummerierung der Gehölze vor der Verpflanzung hervorgehoben, aktuelle Nummerierung daneben in Klammern. Ergänzung des Bestandes durch ein Exemplar Ginkgo (*Ginkgo biloba*) (aktuell Baum Nr. 2) sowie 2 Exemplare Eiche (*Quercus*) (aktuell Bäume Nr. 3 und 4).

3.4 Dokumentation der Wurzelentwicklung

Die während der Verpflanzung in den Grabenfragmenten erhalten gebliebenen Wurzeln besaßen in Anzahl, Verteilung und in ihrem Durchmesser eine hohe Variationsbreite (vgl. Anhang, Tabellen- und Fotodokumentation). Die Kronen aller verpflanzten Gehölze waren normal entwickelt und zeigten keine Mangelercheinungen. Der größte Feinwurzelanteil wurde im ehemaligen Zentrum der Pflanzgruben beobachtet, d.h. in

einem Umkreis von etwa 50 cm vom Stamm und bis in eine Tiefe von etwa 1 m (vgl. Abb. 9 B). Das anstehende Substrat im Bereich der Versuchspflanzung besteht aus einem bindigen, schwach tonigen Lehm.



Abb. 9: **A** Entnahme eines Baumes auf dem 1997 erstellten Versuchsfeld an der Knollstraße mithilfe der Rundspatenmaschine [11]. **B** Analyse der Verteilung der Feinwurzelmasse am Beispiel eines frei gespülten Wurzelballens einer Platane (Baum Nr. 18). Der überwiegende Anteil von Feinwurzeln befindet sich im zentralen Bereich des ausgehobenen Ballens.

3.4.1 Wurzelwachstum außerhalb der Wurzelgräben

Bei fünf Bäumen [Baum Nr.: 2 (aktuell: 10), 19 (aktuell: 15), 20 (aktuell: 19), 21 (aktuell: 9) und 11 (aktuell: 7)] wurden oberflächlich wachsende Starkwurzeln mit Durchmessern über 2 cm (max. 10 cm) beobachtet (vgl. Anhang, Tabelle 2). Bei 20 der insgesamt 24 verpflanzten Bäume wurden nach deren Entnahme Starkwurzeln mit einem Durchmesser von bis zu 8 cm nachgewiesen, die im Oberboden, d.h. bis in eine Tiefe von etwa 15-20 cm gewachsen waren. Diese hatten sich bei den im Versuchsfeld stehenden Exemplaren hauptsächlich in den Zwickeln zwischen den Wurzelgräben entwickelt. Bäume, bei denen auf den Einbau von Folien verzichtet wurde, besaßen tendenziell eine höhere Anzahl von Starkwurzeln im Oberboden, als Bäume, in deren Wurzelraum Folien eingebaut waren (vgl. Anhang, Tabelle 1 und Tabelle 2). Eine Ausnahme hiervon bildeten die vier, im Gegensatz zu den übrigen Gehölzen, jüngeren Ersatzpflanzungen auf dem Gelände [Baum Nr.: 1 (aktuell: 21), 3 (aktuell: 22), 6 (aktuell: 23) und 9 (aktuell: 24)] mit entsprechend schwächer ausgebildeten Wurzelsystemen. Das Vorkommen von Starkwurzeln (Durchmesser ≥ 2 cm) in einer Tiefe von 150 cm beschränkte sich bei diesen auf wenige Einzelfälle.

3.4.2 Wurzelwachstum im Bereich der Substrate / Schutzfolien

Mit Ausnahme von drei Ersatzpflanzungen [Baum Nr.: 3 (aktuell: 22), 6 (aktuell: 23), 9 (aktuell: 24), diese ohne Wurzelgräben] sowie den drei zusätzlich verpflanzten Gehöl-

zen (2 x *Quercus*, 1 x *Ginkgo*), kann das Wurzelwachstum von 18 Gehölzen der Versuchsanlage vergleichend betrachtet werden:

- Bei insgesamt drei Gehölzen [Baum Nr.: 5 (aktuell: 12), 4 (aktuell: 13), 14 (aktuell: 17)] wurde in keinem Grabenfüllmaterial die Ausbildung von Feinwurzeln und/oder stärkeren Wurzeln (Durchmesser ≥ 1 cm) beobachtet (vgl. Anhang, Tabelle 1 und Tabelle 2). Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Baum Nr. 4 (aktuell: 13) gesondert betrachtet wird, da bei diesem nach dem Ausheben ein Graben (IV) nur teilweise vorhanden war.
- Bei insgesamt fünf Gehölzen [Baum Nr.: 2 (aktuell: 10), 16 (aktuell: 14), 19 (aktuell: 15), 14 (aktuell: 17), 1 (aktuell: 21)] wurde in keinem Grabenfüllmaterial die Ausbildung von stärkeren Wurzeln (Durchmesser ≥ 1 cm) beobachtet. Bei diesen Bäumen waren ebenfalls keine stärkeren Wurzeln an den Grabenwänden vorhanden (vgl. Anhang, Tabelle 2). Baum Nr. 2 (aktuell: 10) und Baum Nr. 1 (aktuell: 21) sind gesondert zu betrachten. Bei erstgenanntem waren nach dem Ausheben zwei Gräben (I & II) nur teilweise vorhanden, bei letzterem handelte es sich um eine jüngere Ersatzpflanzung.
- Bei insgesamt 13 Gehölzen wurde die Ausbildung von stärkeren Wurzeln (Durchmesser ≥ 1 cm) in den Gräben und/oder an den Grabenwänden beobachtet. Tendenziell wurden dabei im Bereich der Grabenwände mehr Wurzeln beobachtet als in den Grabenfüllmaterialien. Von diesen 13 Gehölzen wurden bei fünf Bäumen [Baum Nr.: 5 (aktuell: 12), 4 (aktuell: 13), 7 (aktuell: 8), 11 (aktuell: 7), 8 (aktuell: 6)] stärkere Wurzeln im Bereich der Grabenwände beobachtet. Die Ausbildung von stärkeren Wurzeln in den Grabenfüllmaterialien konnte bei diesen fünf Exemplaren jedoch nicht beobachtet werden (vgl. Anhang, Tabelle 1 und Tabelle 2).
- Das Vorkommen von stärkeren Wurzeln (Durchmesser ≥ 1 cm) in den Gräben, ohne dabei stärkere Wurzeln im Bereich der Grabenwände ausgebildet zu haben, beschränkte sich auf die Gehölze Nr. 13 (aktuell: 18) und 12 (aktuell: 5) (vgl. Anhang, Tabelle 1 und Tabelle 2). Baum Nr. 12 (aktuell: 5) ist gesondert zu betrachten, da bei diesem nach dem Ausheben nur zwei Gräben (I & IV) erhalten waren.

Aus der Analyse des Wurzelwachstums in den verschiedenen Grabenfüllmaterialien, ergeben sich folgende Tendenzen:

- Das gehäufte Auftreten von Feinwurzeln (Durchmesser < 1 cm) war in den Materialien I und IV (Schotter bzw. Groblava-Feinboden, gemischt über Schüttkegel) gegenüber den Materialien II und III (Groblava bzw. Groblava-Feinboden, eingeschlämmt) leicht erhöht (vgl. Anhang, Tabelle 1). Dieser Unterschied war jedoch bezogen auf die generelle Ausbildung von Feinwurzeln in den verwendeten Substraten nicht signifikant.

- Die Ausbildung von stärkeren Wurzeln (Durchmesser ≥ 1 cm) war in Substrat I (Schotter) besonders ausgeprägt. Dem gegenüber steht das Fehlen von stärkeren Wurzeln in Substrat IV (Groblava-Feinboden, gemischt über Schüttkegel) (vgl. Anhang, Tabelle 2).
- Die Ausbildung von stärkeren Wurzeln im Bereich der Grabenwände erfolgt unabhängig vom Grabenfüllmaterial und unabhängig vom Vorhandensein der Kunststofffolien (vgl. Anhang, Tabelle 1 und Tabelle 2).

Baumartbedingte Unterschiede:

- Die Ausbildung von Feinwurzeln in den Grabenfüllmaterialien erfolgte bei den Exemplaren der Kaiserlinde (*Tilia*) deutlich geringer als bei den Exemplaren der Eschen und Platanen (*Fraxinus* und *Platanus*). Die meisten Feinwurzeln wurden in den Wurzelgräben der *Platanen*-Pflanzungen nachgewiesen (vgl. Anhang, Tabelle 2).
- Die Ausbildung von stärkeren Wurzeln in den Grabenfüllmaterialien war bei den Exemplaren von Esche und Linde (*Tilia* und *Fraxinus*) deutlich geringer ausgeprägt als bei den Exemplaren der Platane (*Platanus*). Gleiches gilt für die Ausbildung von stärkeren Wurzeln im Bereich der Grabenwände (vgl. Anhang, Tabelle 1).
- Die vermehrte Ausbildung von Wurzeln in den Gräben bzw. an den Grabenwänden spiegelt die im Vergleich zu den Linden und Eschen (*Tilia* und *Fraxinus*) erhöhte Wuchsfreudigkeit der Platanen (*Platanus*) wieder.

3.4.3 Bewertung

Eine abschließende Bewertung der Untersuchungsergebnisse wird durch die Tatsache erschwert, dass sich die Wurzelsysteme von Gehölzen auch unter natürlichen Bedingungen selten gleichmäßig radial ausbreiten. Zu Berücksichtigen ist ebenfalls die Tatsache, dass Wurzeln, ohne erkennbaren Grund, eine einmal eingeschlagene Wachstumsrichtung zugunsten eines neuen Weges bzw. zugunsten entfernter Wurzelbereiche aufgeben können. Daher bleibt ungeklärt, wie weit die Ausbildung asymmetrischer Wurzelsysteme für das Vorkommen bzw. das Fehlen von Wurzeln in den Grabenfüllmaterialien sowie im Bereich der Grabenwände verantwortlich ist.

Die wiederholte Beobachtung, dass Wurzeln unerwartet in unterschiedlichen Bereichen der Versuchsanlage ausgebildet werden, wie z.B. das Auftreten von Wurzeln an den Grabenwänden (vgl. z.B. Abb. 12 A), lässt generelle Rückschlüsse auf das Wurzelwachstum in Abhängigkeit der variierenden Parameter (wie z.B. Grabenfüllmaterialien, Einbau/Verzicht von Schutzfolien) zu. Diese werden durch einzelne, während der Aufgrabungen gemachte Beobachtungen untermauert und erlauben das Aufzeigen von Wachstumsmustern.

Im Wesentlichen lassen sich aus den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung die folgenden Hinweise zur Weiterverwendung der Gehölze am neuen Standort bzw. der Neuanlage der geplanten Versuchsanlage ableiten:

- Bedingt durch die Funktionsweise der eingesetzten Maschine konnte der Wurzelbereich, welcher gemäß DIN 18920 [12] die Bodenfläche unter der Krone (Kronentraufe) zuzüglich 1,5 m nach allen Seiten beträgt, nicht vollständig geschützt werden (vgl. Abb. 7). Die Hauptmasse der Feinwurzeln, welche vor allem der Ernährung des Baumes dienen, ist im ausgestochenen Ballen verblieben (vgl. Abb. 9 B). Mögliche Vitalitätseinbußen der Gehölze nach der Verpflanzung sind daher als geringfügig einzuschätzen. Das Restrisiko diesbezüglicher Folgeschäden wird durch baumpflegerische Maßnahmen, wie z.B. Kronenrückschnitt oder Wundnachbehandlung durchtrennter Starkwurzeln (Durchmesser ≥ 2 cm) und insbesondere der geplanten Anlage umlaufender Rehabilitationszonen für Wurzeln minimiert (vgl. Projektphase II). Dem gegenüber stehen die als kritisch einzustufenden Auswirkungen auf die Standsicherheit der Gehölze durch das Kappen von Starkwurzeln (Durchmesser ≥ 2 cm) während der Verpflanzung (vgl. [13]). Durch Anbringung von Stützankern wurde den zu erwartenden Folgen des Verlustes von Stützwurzeln (z.B. Erhöhung der Windwurfgefahr) entgegengewirkt. Bei rechtzeitiger Durchführung der Anlage von Rehabilitationszonen in der Projektphase II, steht einer weiteren Verwendung der verpflanzten Gehölze für die geplante, unterirdische Versuchsanlage am neuen Standort nichts entgegen.
- Die Gestaltung der Wurzelgräben, d.h. das Abhängen der Grabenwände mit Kunststofffolien bzw. der Verzicht auf diese Maßnahme hatte keine signifikanten Auswirkungen auf die Ausbildung von **a.)** oberflächlichen Starkwurzeln, **b.)** stärkeren Wurzeln im Bereich der Gräben, **c.)** stärkeren Wurzeln im Bereich der Grabenwände, **d.)** Feinwurzelausbildung im Bereich der Gräben:
 - zu a.)** Die Ausbildung oberflächlicher Starkwurzeln war tendenziell bei den Gehölzen ohne Folie ausgeprägter. Möglicherweise besteht hier ein Zusammenhang zwischen der Barrierefunktion von eingesetzten Folien bzw. der ungehinderten Ausbreitung von Wurzeln bei Verzicht auf diese Maßnahme (vgl. Anhang, Tabelle 1 und Tabelle 2).
 - zu b.)** keine ersichtliche Auswirkung (vgl. Anhang, Tabelle 1 und Tabelle 2)
 - zu c.)** keine ersichtliche Auswirkung, nicht signifikant (vgl. Anhang, Tabelle 1 und Tabelle 2)
 - zu d.)** keine ersichtliche Auswirkung, nicht signifikant (vgl. Anhang, Tabelle 1 und Tabelle 2)

Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass das Vorhandensein der Schutzfolien keinen deutlichen Einfluss auf die bevorzugte Entwicklung von Wurzeln an den Grabenwänden hatte. Ausschlaggebender hierfür scheint die Präsenz von ausgeprägten Porensprüngen (Grenzflächen) zu sein, wie es sehr deutlich am Beispiel von Baum Nr. 17 (Platane, neu: 16, vgl. Abb. 11) und Baum Nr. 20 (Platane, neu: 19, Abb. 12) beobachtet werden konnte. Im Wurzelbereich dieser Versuchspflanzungen kam es trotz des Verzichts auf den Einbau von Folien zu einem bevorzugten Wurzelwachstums an den Grabenwänden (vgl. Abb. 12 A und B sowie Abb. 13 A und B im Anhang). Vor diesem Hintergrund ist der Einsatz von Kunststoffbarrieren im Wurzelraum von Gehölzen zur Beeinflussung des Richtungswachstums von Wurzeln zu hinterfragen. Diese Beobachtung sollte bei der Planung der neuen Versuchsanlage bzw. bei der Entwicklung zukünftiger Leitungsschutzmaßnahmen Berücksichtigung finden.

3.4.4 Zusammenfassung

Mit der Umpflanzung der Bäume an den neuen Standort wurden neue Untersuchungsansätze für die Erprobung von Baumsubstraten und Verfüllmaterialien für unterirdische Leitungen geschaffen. Wie in den Kapiteln 3.4 und 3.4.3 des vorliegenden Berichtes beschrieben, wird das Wachstum von Wurzeln in signifikanter Weise vom zur Verfügung stehenden Substrat beeinflusst. Die im Kulturversuch nachgewiesenen Anhäufungen von Wurzeln an den Grabenwänden sind nicht auf eine Trennung von Substratbereichen in Form von Folien zurückzuführen (vgl. Abb. 12 A und B, Abb. 13 A und B). Im Rahmen der durchgeführten Aufgrabungen wurde nachgewiesen, dass Wurzeln, unabhängig vom Vorhandensein einer Folienabtrennung, bevorzugt an Grenzflächen zwischen unterschiedlichen Substraten wachsen (vgl. Abb. 12 A und B, Abb. 13 A und B, Abb. 13 E und F, Abb. 14 E und F).

Die vorgefundenen Wurzeln waren vornehmlich im Zentrum der Pflanzgruben und an den Grenzflächen zwischen anstehendem Boden und den Wurzelgräben gewachsen. Dabei hat sich das Wurzelwachstum auf die Bereiche des porenreichen, lava- oder schotterhaltigen Baumsubstrates beschränkt (vgl. Kapitel 3.2.). Der anstehende Boden wurde nicht oder nur in geringem Umfang durchwurzelt (vgl. Kapitel 3.4, vgl. z.B. Abb. 9 C, Abb. 12 E oder Abb. 13 A).

Das Vorhandensein von Poren in einem Substrat hat zur Folge, dass das betreffende Substrat für gasförmige Medien (wie z.B. Bodenluft) permeabel ist. Als Folge kann z.B. Luftsauerstoff von der Substratoberfläche in den Untergrund vordringen und sich dort durch physikalische Vorgänge, wie z.B. Diffusion ausbreiten. Der atmosphärische Sauerstoff wird so für Wurzeln verfügbar. Wurzeln benötigen aufgrund ihres aeroben Stoffwechsels Sauerstoff, den sie in der Regel aus dem Porenraum ihres Substrates entnehmen. Substrate mit ausreichendem Porenraum bieten Wurzeln ideale Bedingungen, da sie in solchen Substraten ihren Bedarf an atmosphärischem Sauerstoff decken können. Porenreiche Substrate werden bevorzugt durchwurzelt.

Substrate mit geringem Porenvolumen oder solche, in denen aus anderen Gründen kein Sauerstoff aus der Bodenluft verfügbar ist, werden nur gering oder gar nicht durchwurzelt. Solche Substrate besitzen nachweislich eine Wurzel abhaltende Wirkung [14]. Das Porengefüge, beschreibbar durch die Porengrößenverteilung, stellt somit einen wichtigen Lebensraum für Wurzeln dar. Grundlage für die Bestimmung der Porengrößenverteilung sind die in [15] und [16] beschriebenen Annahmen.

Der Porengehalt eines Bodens steht in direktem Zusammenhang mit seiner Rohdichte. Je geringer die Rohdichte ist, umso höher sind die Gehalte an Grobporen [17], [18], [19]. Damit bestehen bereits früh erkannte Beziehungen zwischen Rohdichte und Durchwurzlung des Bodens. Veihmeyer u. Hendrickson (1948) [14] gaben für Sonnenblumen bei Sandböden eine Rohdichte des trockenen Bodens von 1,9 g/ccm und für Tonböden von 1,7 g/ccm an, bei der keine Durchwurzlung mehr erfolgte.

4 Ausblick

Die in diesem Vorhaben erzielten Ergebnisse verdeutlichen das Potential von Substraten mit optimierten Eigenschaften zur Lenkung des Wurzelwachstums. Substrate mit hohem Porenanteil tragen, nicht nur nach Umpflanzen von Bäumen, zu einer erhöhten Rehabilitation von Wurzeln am betreffenden Standort bei. Jede Neupflanzung eines Baumes stellt generell betrachtet eine Umpflanzung dar. Die Wurzeln entwickeln sich an einem neuen Standort stets in Abhängigkeit von den Standortbedingungen. Die Wurzelentwicklung kann bei Neupflanzungen und auch bei Verpflanzungen maßgeblich durch die Wahl von geeigneten Substraten beeinflusst und so die Wurzeln gelenkt werden.

Porenarme Bodenbereiche, wie sie z.B. durch den Einbau von fließfähigen Verfüllmaterialien entstehen, erscheinen aus heutiger Sicht als schwer bzw. nicht durchwurzeltbar. Aufgrund dieser Charakteristik lassen sich durch Einbau porenarmer Bodenbereiche, Beschädigungen durch Wurzelwachstum an Komponenten der unterirdischen Infrastruktur, wie z.B. an Leitungen oder Schächten verringern bzw. vermeiden.

Die im Rahmen des hier beschriebenen Vorhabens erstellte Versuchsanlage und die bisher erzielten Untersuchungsergebnisse liefern die Basis für die Durchführung der weiteren Langzeitversuche im Wurzelraum der umgepflanzten Bäume. Hauptaugenmerk künftiger Untersuchungen ist die praktische Anwendbarkeit porenarmer Verfüllmaterialien zum Leitungsschutz in der Insitu-Situation „Leitungsgraben neben Baumstandort“. Mit einer Erweiterung der Versuchsanlage, wie z.B. durch Einbau unterschiedlicher Wuchssubstrate im Wurzelbereich und wurzelabweisenden Verfüllmaterialien im geplanten Leitungsbereich, sind ideale Möglichkeiten gegeben, die Langzeitwirkung solcher Substrate auf das Wurzelwachstum zu untersuchen (vgl. Abb. 1, Phasen III).

Die hier beschriebene Methode zum Schutz von Leitungen durch den Einsatz von wurzelabweisender Verfüllmaterialien stellt im Vergleich zum noch geltenden Regel-

werk, dem ATV H-162 „Baumstandorte und unterirdische Ver- und Entsorgungsanlage“ einen neuen Ansatz zum Schutz von Leitungen dar. In ATV H-162 werden folgende möglichen Schutzmaßnahmen genannt:

- Trennwände aus Stahl, Beton oder wurzelfeste Kunststoffplatten,
- ringförmige Trennwand,
- Schutzrohre, längsgeteilte Schutzrohre

Über die Wirksamkeit dieser Bauweisen zum Schutz von Elementen der unterirdischen Infrastruktur gibt es nur wenige Erfahrungen. Die in den letzten Jahren veröffentlichten Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen Bodenporen, Schichtgrenzen und dem Wurzelwachstum haben darüber hinaus die Frage nach der Wirksamkeit aufkeimen lassen. Vor diesem Hintergrund ergibt sich ein Informationsdefizit bei den Betreiber von Ver- und Entsorgungsnetzen sowie bei Grünflächenämtern über den Erfolg der bereits verbauten Wurzelschutzelemente nach ATV H-162.

Durch die internationale und interdisziplinäre Betrachtung des durch Wurzeln, Abwasserkanäle und –leitungen sowie Versorgungsleitungen gemeinsam genutzten Raumes wurde die Basis für eine gemeinschaftliche Betrachtungsweise geschaffen. Dies führte unter dem Eindruck des Klimawandels zu ersten Ansätzen einer gemeinsamen Nutzung desselben Raumes im Sinne einer Doppelnutzung als optimierter Wurzelraum auf der einen und Regenwasserspeicher auf der anderen Seite. Im Artikel „*Lokale Extremwetterereignisse und die zunehmende Bedeutung der Regenwassernutzung für das öffentliche Grün*“ erschienen im Jahrbuch der Baumpflege 2010 [20] wurde die Anwendbarkeit anhand von drei Fallbeispielen ausführlich dargestellt. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen leiten sich allerdings einige wesentlichen Fragen ab:

- Welches sind die typischen Standorte für Kombinationslösungen?
- Welche weiteren Einflussfaktoren sind zu berücksichtigen (z.B. Streusalz, Staunässe)?
- Wie sind die Anlagen zu bemessen?
- Wie kann die Wasseraufnahme und Verdunstungsrate bei der Bemessung berücksichtigt werden?
- Wie lassen sich positive Auswirkungen für das Kleinklima quantifizieren?

Der hier durchgeführte Teil 1 des Projektes „Umweltsicherer Kanalbau durch wurzelfeste Bettung der Rohre“ stellt einen zentralen Baustein bei der Beantwortung von technischen Fragestellungen zum Schutz von Leitungen vor Wurzeln dar. Erst durch die Einführung wirksamer Produkte zum Schutz von Leitungen kann die Akzeptanz von Baumpflanzungen in der Nähe von Ver- und Entsorgungsleitungen verbessert und somit der Anteil an Stadtgrün aus technischer Sicht erhöht werden. Das Wissen um die im Rahmen dieses Berichtes beschriebenen Zusammenhänge im Boden muss je-

doch auch für den Baupraktikern mit seinen vielschichtigen Aufgaben einfach und transparent vermittelt.

Vor diesen Hintergründen ergibt sich Forschungsbedarf auf der einen und der Bedarf an begleitende Wissensvermittlung auf der anderen Seite. Das IKT wird diese Aufgabe – gemeinsam mit interessierten Partnern aus anderen Fachbereichen – weiterverfolgen. Im ersten Schritt werden die Versuche zum Schutz von Leitungen durch wurzelabweisende Verfüllmaterialien am Standort Osnabrück im Rahmen der beiden Teilprojekte „Anlage von Rehabilitationszonen an den verpflanzten Großbäumen mit unterirdischer Versuchsanlage (Wurzelgräben) am Standort Osnabrück (Teil 2)“ und „Anlage von Versuchsgräben mit wurzelabweisenden Verfüllmaterialien im Wurzelbereich von Bäumen (Teil 3)“ weitergeführt.

5 Anhang

- Ergebnisse der Analyse des Wurzelwachstums
- Tabellen- und Fotodokumentation

Tabelle 1: Ergebnisse der Analyse des Wurzelwachstums in den Endstücken der Leitungsgräben; Stammumfänge & Vorkommen von stärkeren Wurzeln

Baum Nr. (alt)	Gattung	Baum Nr. (aktuell)	Stammumfang [mm]	stärkere Wurzeln in Gräben ($\varnothing \geq 10$ mm)				stärkere Wurzeln an Grabenwänden ($\varnothing \geq 10$ mm)			
				I	II	III	IV	I	II	III	IV
2	<i>Tilia</i>	10	540	-	-	n.v.	n.v.	-	-	n.v.	n.v.
15	<i>Platanus</i>	11	700	5	-	-	-	-	4	1	-
5	<i>Tilia</i>	12	600	-	-	-	-	-	-	3	2
4	<i>Fraxinus</i>	13	570	-	-	-	-	1	-	-	-
16	<i>Fraxinus</i>	14	530	-	-	-	-	- (o. Folie)	- (o. Folie)	- (o. Folie)	- (o. Folie)
19	<i>Tilia</i>	15	620	-	-	-	-	- (o. Folie)	- (o. Folie)	- (o. Folie)	- (o. Folie)
17	<i>Platanus</i>	16	760	2	-	-	-	5 (o. Folie)	8 (o. Folie)	5 (o. Folie)	2 (o. Folie)
14	<i>Tilia</i>	17	550	-	-	-	-	- (o. Folie)	- (o. Folie)	- (o. Folie)	- (o. Folie)
13	<i>Fraxinus</i>	18	590	-	1	-	-	- (o. Folie)	- (o. Folie)	- (o. Folie)	- (o. Folie)
20	<i>Platanus</i>	19	740	2	-	1	-	3 (o. Folie)	3 (o. Folie)	1 (o. Folie)	1 (o. Folie)
10	<i>Fraxinus</i>	20	580	-	-	1	-	-	-	1	-
18	<i>Platanus</i>	1	650	5	-	-	-	1	2	-	-
21	<i>Platanus</i>	9	670	7	1	-	-	1	2	3	3
7	<i>Fraxinus</i>	8	620	-	-	-	-	-	1	-	-
11	<i>Tilia</i>	7	550	-	-	-	-	-	-	1	-
8	<i>Tilia</i>	6	440	-	-	-	-	1	-	-	-
12	<i>Platanus</i>	5	680	3	n.v.	n.v.	-	-	n.v.	n.v.	-
1	<i>Platanus</i>	21	250	-	-	-	-	-	-	-	-
3	<i>Platanus</i>	22	230	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.
6	<i>Tilia</i>	23	270	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.
9	<i>Tilia</i>	24	270	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.

Füllmaterial der Gräben: **I** = Schotter, **II** = Groblava, **III** = Groblava-Feinboden („eingeschlämmt“), **IV** = Groblava-Feinboden („Schüttkegel“)

Tabelle 2: Ergebnisse der Analyse des Wurzelwachstums in den Endstücken der Leitungsgräben; oberflächliche Starkwurzeln & Vorkommen von Feinwurzeln

Baum Nr. (alt)	Gattung	Baum Nr. (aktuell)	oberflächliche Starkwurzeln	Feinwurzeln in Gräben				Anmerkungen
				I	II	III	IV	
2	<i>Tilia</i>	10	5 (30/30/35/50/100 mm)	vereinzelt	vereinzelt	-	-	mit Folien, nur I & II fragmentarisch vorhanden
15	<i>Platanus</i>	11	-	vereinzelt	vereinzelt	-	-	mit Folien, alle Gräben angeschnitten
5	<i>Tilia</i>	12	-	-	-	-	-	mit Folien, alle Gräben angeschnitten
4	<i>Fraxinus</i>	13	-	-	-	-	-	mit Folien, Graben IV nur fragment. vorhanden
16	<i>Fraxinus</i>	14	-	gehäuft	-	-	gehäuft	ohne Folien, alle Gräben angeschnitten
19	<i>Tilia</i>	15	2 (75/80 mm)	-	-	-	-	ohne Folien, alle Gräben angeschnitten
17	<i>Platanus</i>	16	-	vereinzelt	-	vereinzelt	vereinzelt	ohne Folien, alle Gräben angeschnitten
14	<i>Tilia</i>	17	-	-	-	-	-	ohne Folien, alle Gräben angeschnitten
13	<i>Fraxinus</i>	18	-	gehäuft	gehäuft	vereinzelt	gehäuft	ohne Folien, alle Gräben angeschnitten
20	<i>Platanus</i>	19	1 (60 mm)	gehäuft	gehäuft	vereinzelt	vereinzelt	ohne Folien, alle Gräben angeschnitten
10	<i>Fraxinus</i>	20	-	-	gehäuft	vereinzelt	gehäuft	mit Folien, alle Gräben angeschnitten
18	<i>Platanus</i>	1	-	gehäuft	vereinzelt	-	gehäuft	mit Folien, alle Gräben angeschnitten
21	<i>Platanus</i>	9	2 (30/50 mm)	gehäuft	-	vereinzelt	-	mit Folien, alle Gräben angeschnitten
7	<i>Fraxinus</i>	8	-	-	-	gehäuft	gehäuft	mit Folien, alle Gräben angeschnitten
11	<i>Tilia</i>	7	6 (20/20/30/30/35/40 mm)	-	-	gehäuft	gehäuft	mit Folien, alle Gräben angeschnitten
8	<i>Tilia</i>	6	-	-	-	gehäuft	vereinzelt	mit Folien, alle Gräben angeschnitten
12	<i>Platanus</i>	5	-	vereinzelt	n.v.	n.v.	vereinzelt	mit Folien, nur I & IV vorhanden
1	<i>Platanus</i>	21	-	gehäuft	gehäuft	gehäuft	vereinzelt	mit Folien, junge Ersatzpflanzung
3	<i>Platanus</i>	22	-	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	ohne Gräben/Folien, junge Ersatzpflanzung
6	<i>Tilia</i>	23	-	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	ohne Gräben/Folien, junge Ersatzpflanzung
9	<i>Tilia</i>	24	-	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	ohne Gräben/Folien, junge Ersatzpflanzung

Füllmaterial der Gräben: I = Schotter, II = Groblava, III = Groblava-Feinboden („eingeschlämmt“), IV = Groblava-Feinboden („Schüttkegel“)



A



B



C



D



E



F

Abb. 10: **A, B** Aushub der Pflanzgrube von Baum Nr. 2 (*Tilia*, aktuell Baum Nr. 10), durchtrennte oberflächliche Starkwurzeln. **C, D** Wurzelgräben von Baum Nr. 15 (*Platanus*, aktuell Baum Nr. 11), stärkere Wurzeln im Schotter und Feinwurzelgeflechte in Füllmaterial II (Groblava). **E, F** Wurzelgräben von Baum Nr. 5 (*Tilia*, aktuell Baum Nr. 12), Füllmaterial I (Schotter) ebenso frei von Wurzeln wie Wurzelgraben III (Groblava-Feinboden „eingeschlämmt“), letzterer mit mehreren stärkeren Wurzeln in der Nähe der Grabenwand (jedoch außerhalb des Grabens).



A



B



C



D



E



F

Abb. 11: A, B Aushub der Pflanzgrube von Baum Nr. 4 (*Fraxinus*, aktuell Baum Nr. 13), Blick auf die drei vollständig erhalten gebliebenen Enden der Wurzelgräben I-III. C, D Gehäuftes Vorkommen von Feinwurzeln in Wurzelgräben I und IV (Schotter und Groblava-Feinboden „Schüttkegel“) bei Baum Nr. 16 (*Fraxinus*, aktuell Baum Nr. 14). E, F Oberflächlich wachsende durchtrennte Starkwurzeln von Baum Nr. 19 (*Tilia*, aktuell Baum Nr. 15), Aushub der Pflanzgrube mit erkennbar fehlenden Schutzfolien im Bereich der Grabenwände.

**A****B****C****D****E****F**

Abb. 12: **A, B** Wurzelgräben I (Schotter) und II (Groblava) von Baum Nr. 17 (*Platanus*, aktuell Baum Nr. 16), gehäuftes Vorkommen von stärkeren Wurzeln an den folienfreien Grabenwänden. **C, D** Keine Ausbildung von Feinwurzeln und/oder stärkeren Wurzeln in den Wurzelgräben von Baum Nr. 14 (*Tilia*, aktuell Baum Nr. 17). **E, F** Baum Nr. 13 (*Fraxinus*, aktuell Baum Nr. 18), gehäuftes Vorkommen von Feinwurzeln in Graben I (Schotter) und Ausbildung einer stärkeren Wurzel in Füllmaterial II (Groblava).



A



B



C



D



E



F

Abb. 13: **A, B** Baum Nr. 20 (*Platanus*, aktuell Baum Nr. 19), gehäuftes Vorkommen von stärkeren Wurzeln an den folienfreien Grabenwänden der Gräben I (Schotter) und II (Groblava). **C, D** Baum Nr. 10 (*Fraxinus*, aktuell Baum Nr. 20), Starkwurzel an der Folie von Graben III (Groblava-Feinboden „ingeschlämmt“) und gehäuftes Auftreten von Feinwurzeln in Füllmaterial IV (Groblava-Feinboden „Schüttkegel“). **E, F** Baum Nr. 18 (*Platanus*, aktuell Baum Nr. 1), gehäuftes Vorkommen von Feinwurzeln und stärkeren Wurzeln in Graben I (Schotter) und Konzentration des Wurzelwachstums auf den Bereich der Grabenwände (Graben II „Groblava“).



A



B



C



D



E



F

Abb. 14: **A, B** Gehäuftes Auftreten von stärkeren Wurzeln in Füllmaterial I (Schotter) und an den Wänden von Graben III (Groblava-Feinboden „ingeschlämmt“) bei Baum Nr. 21 (*Platanus*, aktuell Baum Nr. 9). **C, D** Baum Nr. 7 (*Fraxinus*, aktuell Baum Nr. 8), Starkwurzel an der Folie von Graben II (Groblava) und gehäuftes Auftreten von Feinwurzeln in Füllmaterial IV (Groblava-Feinboden „Schüttkegel“). **E, F** Durchtrennte, oberflächlich wachsende Starkwurzeln von Baum Nr. 11 (*Tilia*, aktuell Baum Nr. 7) und Vorkommen einer stärkeren Wurzel an der Wand von Graben III (Groblava-Feinboden „ingeschlämmt“).

**A****B****C****D****E****F**

Abb. 15: **A, B** Baum Nr. 8 (*Tilia*, aktuell Baum Nr. 6), Ausbildung einer stärkeren Wurzel an der Wand von Graben I (Schotter) und fehlendes Wurzelwachstum in Füllmaterial II (Groblava). **C, D** Baum Nr. 12 (*Platanus*, aktuell Baum Nr. 5), mehrere stärkere Wurzeln in Füllmaterial I (Schotter) und vereinzelte Feinwurzeln in Graben IV (Groblava-Feinboden „Schüttkegel“). **E, F** Gehäuftes Vorkommen von Feinwurzeln in den Füllmaterialien I (Schotter) und III (Groblava-Feinboden „eingeschlämmt“) der Wurzelgräben von Baum Nr. 1 (*Platanus*, aktuell Baum Nr. 21).

6 Literatur

- [1] ATV-H 162: Baumstandorte und unterirdische Ver- und Entsorgungsanlagen; Dezember 1989; DWA-Regelwerk 2/2004 auf CD-Rom (Stand: 30.11.2004).
- [2] STÜTZEL, TH.; BOSSELER, B.; BENNERSCHIEDT, C.; SCHMIEDENER, H.: „Wurzleinwuchs in Abwasserleitungen-und -kanäle“; IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Spezielle Botanik der Ruhr-Universität Bochum unter Beteiligung verschiedener NRW-Netzbetreiber im Auftrag des Umweltministeriums NRW (MUNLV), Juli 2004.
- [3] STÜTZEL, TH.; BOSSELER, B.; BENNERSCHIEDT, C.; SCHMIEDENER, H.; STRECKENBACH, M.: „Wurzleinwuchs in Abwasserleitungen-und -kanäle - Ergänzungsvorhaben“; Lehrstuhl für Evolution und Biodiversität der Pflanzen der Ruhr-Universität Bochum in Kooperation mit dem IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur unter Beteiligung verschiedener NRW-Netzbetreiber im Auftrag des Umweltministeriums NRW (MUNLV), Juni 2007.
- [4] DWA-A 139: Einbau- und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen. Arbeitsblatt der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Ausgabe Dezember 2009.
- [5] DWA-M 162: Bäume, unterirdische Leitungen und Kanäle. Entwurf der DWA Arbeitsgruppe ES 3.6 Baumstandorte, Kanäle und Leitungen, Stand Februar 2011; unveröffentlicht.
- [6] http://www.it.slu.se/ShowPage.cfm?OrgenhetSida_ID=2437
- [7] IKT-eNewsletter Oktober 2006: Wurzelfeste Bettung der Rohre. <http://www.ikt.de/iktnewsneu.php?doc=645>
- [8] Internationales Symposium „Trees and Underground Pipes“ am 23./24. Mai 2007 im IKT, Gelsenkirchen, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Osnabrück; AZ 24479-23.
- [9] LIESECKE H.-J., 1991: Vegetations- und bautechnische Maßnahmen zur Verbesserung des Wurzel- und Standraumes von Bäumen in Stadtstraßen. Tagungsband 9. Osnabrücker Baumpflegetage
- [10] Baumstandortoptimierung „Alte Domsfreiheit“ im Stadtgebiet von Osnabrück, entnommen aus einer Präsentation von Herrn Dipl.-Ing. Klaus Schröder.
- [11] Firmeninformationen Opitz GmbH, www.opitz-international.de
- [12] DIN 18920 (2002): Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Schutz von Bäumen, Pflanzenbeständen und Vegetationsflächen bei Baumaßnahmen. Beuth-Verlag.
- [13] ZTV-Baumpfleger (2006): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Baumpfleger. 5. Auflage, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau.
- [14] VEIHMEYER, F.J.; HENDRICKSON, A.H.: Soil density and root penetration, Soil Sciences 65, S. 487-493, 1948
- [15] WIERSUM, L.K.: The relationship of the size and structural rigidity of pores to their penetration by roots, Plant and Soil IX, S. 75-85, 1957
- [16] BOHNE, H.; HARTGE, K.H.: Auswirkungen der Gefügegeometrie auf den Wuchs von Getreidekeimlingen, Mitt. Dt. Bodenk. Ges. 34, S. 141-144, 1982

- [17] DUMBECK, G. u. HARRACH, T.: Porenverteilung bei Bodenverdichtungen, Mitt. Dt. Bodenk. Ges. 43/I, S. 213-218, 1985
- [18] GRABLE, A.R.: Effects of compaction on contents and transmission of air in soils, in: Compaction of agricultural soils, ASAE Monographie, S. 154-164, 1971
- [19] LEBERT, M: Beurteilung und Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden, Bayreuther Bodenkundl. Ber. 12, S. 133, 1989
- [20] BENNERSCHIEDT, C.; BOSSELER, B.: Lokale Extremwetterereignisse und die zunehmende Bedeutung der Regenwassernutzung für das öffentliche Grün. Erschienen im Jahrbuch der Baumpflege, S. 50 – 57. Haymarket Media GmbH & Co. KG, Braunschweig; Herausgeber: Dirk Dujesiefken.