

# Fachartikel zum Forschungsvorhaben

## „Untersuchung der Interaktion zwischen Bäumen und Fernwärmeleitungen“

**Antragsteller:**



AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung,  
Information und Standardisierung mbH  
Stresemannallee 30  
60596 Frankfurt am Main

**Kooperationspartner:**



IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur  
Exterbruch 1  
45886 Gelsenkirchen

**Fördermittelgeber:**



DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt  
An der Bornau 2  
49090 Osnabrück

**Autoren:**

Mirko Salomon, M. Sc. (IKT)  
Sebastian Grimm, M. Sc. (AGFW)

## **Interaktion zwischen Bäumen und Fernwärmeleitungen**

Im kürzlich gestarteten Forschungsvorhaben „Untersuchung der Interaktion zwischen Bäumen und Fernwärmeleitungen“ werden erstmals die Fragestellungen zur Interaktion zwischen Bäumen und Fernwärmeleitungen umfassend untersucht und im Interesse der vielen kleinen und mittelständischen Unternehmen der Fernwärmebranche in Deutschland durch den AGFW bzw. durch die AGFW-Projekt GmbH in Zusammenarbeit mit dem IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH und der Ruhr-Universität Bochum vertreten. In den nächsten zwei Jahren sollen mit Hilfe von unterschiedlichen Untersuchungen Erkenntnisse zu den möglichen Interaktionen zwischen Wurzeln und Fernwärmeleitungen ermittelt werden. Das Forschungsvorhaben wird von der DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt gefördert.

## **Umweltrelevanz des Forschungsvorhabens**

Ein bedeutender Anteil des deutschen Primärenergieeinsatzes wird zur Bereitstellung von Raum- und Prozesswärme sowie zur Warmwasserbereitung verwendet. Bei der weiterhin angestrebten deutlichen Reduktion der Treibhausgasemissionen hat die zentrale Wärmeversorgung über Ab- bzw. Restwärme und die Steigerung des Anteils erneuerbarer Energieträger insgesamt eine tragende Rolle.

Erneuerbare Energieträger müssen zukünftig besonders effizient genutzt werden [1], deshalb ist ein Ausbau von KWK-Anlagen und Wärmenetzen notwendig. Verschiedene Studien gehen von einer deutlichen Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien in der Fernwärmeerzeugung aus. (vgl. [2], [3])

Es gilt, neue Wärmenetze, die sich für die Wärmeverteilung alternativ erzeugter Energien eignen, zu erstellen bzw. die vorhandenen Infrastrukturen anzupassen bzw. auszubauen. In Deutschland ist ein Ausbau der Technik vorgesehen, in anderen europäischen Ländern dürfen in Neubauten schon keine Gas- oder Heizölheizungen mehr eingesetzt werden. Auch dies verdeutlicht den Bedarf für gut ausgebaute Fernwärmeleitungsinfrastruktur.

## **Interdisziplinäre Forschung**

Darüber hinaus sind ganzheitliche Infrastrukturkonzepte gefragt (vgl. [4]), um die Entwicklung gut strukturierter und effizienter Leitungssysteme zwischen den vielen Wärmequellen der Erzeuger, den vielen Nutzern sowie neuen und innovativen Speichermöglichkeiten voranzutreiben. Die politischen Rahmenbedingungen können hier von entscheidender Bedeutung sein, um Zuständigkeiten zu klären und die Verantwortlichkeit für Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung des Gesamtsystems zu stärken. Alle Akteure sind gefragt, hierzu geeignete Modelle zu entwickeln und in der Praxis zu erproben.

Fernwärmeleitungen müssen dabei verstärkt in den urban genutzten Raum gelangen, um so die Quartiere zu erreichen. Dies erfolgt im unterirdischen Straßenraum, der in den letzten Jahren vielfältige Veränderungen erfahren hat: Straßenzüge werden schmaler und die Bedeutung von Grün zur Steigerung der Lebensqualität der Anwohner und zur Verbesserung des Stadtklimas nimmt zu. (vgl. [5] und Abbildung 1) Durch diese Veränderungen können die Gefahren durch Wurzeleinwuchs oder lastabtragende Wurzeln für die Fernwärmeleitungen auf

der einen und für die Vegetation durch den Einfluss der Wärmefelder auf der anderen Seite zunehmen, wenn sie nicht in Einklang gebracht werden. (vgl. [6])



Abbildung 1: Aufgrabungen mit typischer Situation vor Ort mit Konkurrenz Situation zwischen Leitungen und Baumvegetation (Quelle: Dr. Markus Streckenbach)

## Wenig Grundlagen

Auf der einen Seite besteht Unsicherheit im Umgang mit bestehenden Leitungssystemen. Auf der anderen Seite sind zur Reduktion der Treibhausgasemissionen neue Fernwärmetrassen im Bestand zu erschließen, wobei die divergierenden Anforderungen für die Begrünung der Städte und die energieeffiziente Versorgung der Bürger mit Fernwärme in Einklang gebracht werden müssen. Um die unterschiedlichen Ziele im Einzelfall in Einklang zu bringen kann die Richtlinie „Bäume, unterirdischen Leitungen und Kanäle“ (vgl. [7]) herangezogen werden. Konkrete Hinweise für die Beantwortung der Fragestellung im Zusammenhang mit Fernwärmeleitungssystemen und deren Wärmefeldern werden in [7] jedoch nicht berücksichtigt.

Mit Blick auf den Einfluss von Fernwärmeleitungen auf das Wurzelwachstum von Bäumen gibt es keine umfassenden Untersuchungen. Es können lediglich Hinweise zum Einfluss aus grundsätzlichen Untersuchungen (vgl. [8]) oder aus Einzelbeobachtungen (vgl. [9] mit Abbildung 2, [10]) abgeleitet werden.



Abbildung 2: Wurzelwachstum an Fernwärmeleitungen (Quelle: Dr. Clemens Heidger)

## Zielstellung des Projektes

Übergeordnetes Ziel dieses Vorhabens ist es, den planenden und ausführenden KMU's im Fernwärmeleitungsbau als Projektergebnis Arbeitsanweisungen und Schulungsmaterial zur Durchführung von Bauarbeiten im Bereich von Fernwärmeleitungen sowie Empfehlungen für Produktprüfungen und Nachweise für porenraumarme Verfüllmaterialien als passive Wurzelschutzmaßnahme zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus hat das Projekt auch einen unmittelbaren Nutzen für die vielen KMU's im Bereich der Versorgung bzw. Verteilung von Fernwärme (z. B. Stadtwerke) als Auftraggeber: die Projektergebnisse liefern wertvolle Hinweise bei der Ausschreibung und Vergabe von Neubau- und Erneuerungsmaßnahmen von Fernwärmeleitungen in Bereichen mit Baumbestand.

## Untersuchungsumfang

Das Forschungsvorhaben verbindet Grundlagenforschung mit praxisorientierten Untersuchungen. Dies spiegelt sich auch im Untersuchungsprogramm wider. In sechs Arbeitspaketen werden u.a. Aufgrabungen an Fernwärmeleitungen in der Praxis, theoretische Analysen zu Fernwärme-Bauvorhaben und Laborversuche zum Wurzelwachstum in Wärmefeldern und an Fernwärmeleitungen durchgeführt. Die Arbeitspakete (AP) des Untersuchungsprogramms sind wie folgt gegliedert:

- AP 1: Projektkreis „Fernwärme und Vegetation“
- AP 2: Bestandsaufnahme vor Ort (Praxisaufgrabungen)
- AP 3: Temperaturmessungen und Berechnung von Wärmefeldern
- AP 4: Szenarienanalyse
- AP 5: Wissenschaftliche Untersuchungen
- AP 6: Abschlussbericht mit Empfehlungen, Arbeitsanweisungen und Schulungsmaterial

Zu Beginn des Projektes liegt der Fokus auf den Bestandsaufnahmen vor Ort sowie dem Aufbau und Start der wissenschaftlichen Untersuchungen. Aus diesem Grund werden diese Arbeitspakete in der Folge weitergehend beschrieben.

### **Praxisaufgrabungen**

Die Interaktionen zwischen Baumwurzeln und den unterschiedlichen Bauteilen des Fernwärmesystems lassen sich vor Ort nur durch Bestandsaufnahmen in der Praxis beschreiben. Vor diesem Hintergrund werden bei zehn planmäßigen Aufgrabungen im Umfeld von Fernwärmeleitungen mit Baumstandorten, z.B. aufgrund von Wartungs- oder Reparaturarbeiten, Untersuchungen durchgeführt. Es werden Wurzel- und Bodenproben entnommen und analysiert sowie die Vitalität des Baumes beobachtet, um so auf der einen Seite mögliche Beeinträchtigungen der Bäume durch Wärmefelder zu identifizieren und auf der anderen Seite mögliche Schwachstellen im Fernwärmesystem in Bezug auf Wurzelwachstum zu ermitteln. Ferner werden an fünf Standorten anlassbezogene Aufgrabungen durchgeführt. Dort werden ebenfalls Wurzel- und Bodenproben entnommen und analysiert sowie die Vitalität des Baumes beobachtet.

### **Temperaturmessungen**

Begleitet werden diese Beobachtungen der Bäume vor Ort durch Temperaturmessungen im Bereich der Fernwärmeleitungen. Dabei wird die Messtechnik während der Aufgrabungen im und über dem Leitungsgraben installiert. Aufbauend auf den Ergebnissen der Temperaturmessungen werden Wärmefelder mit der Finite-Elemente-Methode berechnet. Mit dieser Hilfe können weitere Rückschlüsse des Wurzelwachstums im Bereich von Wärmefeldern erschlossen werden.

### **Chance zur Mitarbeit**

Im Rahmen der Praxisaufgrabungen laden wir Sie herzlich zur Mitarbeit in diesem Projekt ein. Es sollen an Standorten mit Fernwärmeleitungen im Umfeld von Baumstandorten Aufgrabungen durchgeführt werden, um mögliche Beeinträchtigungen der Vegetation durch Wärmefelder und Schwachstellen im Fernwärmesystem in Bezug auf Wurzelwachstum zu ermitteln. Es besteht für Sie die Möglichkeit, das Forschungsvorhaben mit solchen Aufgrabungen in Ihrem Wärmenetz zu unterstützen. Bei Interesse zur Mitarbeit kontaktieren Sie bitte Herrn Grimm vom AGFW (s.grimm@agfw.de).

### **Wissenschaftliche Untersuchungen**

Zur Grundlagenermittlung und zur Plausibilitätskontrolle der Praxisaufgrabungen werden im Forschungsvorhaben weiterführende Labor- und Feldversuche durchgeführt. In diesen Versuchen zur Interaktion zwischen Fernwärmeleitungen und Wurzeln sollen drei unterschiedliche Fragestellungen untersucht werden:

- Auswirkungen von Wärmefeldern auf das Wurzelwachstum
- Auswirkungen des Wurzelwachstums auf Fernwärmeleitungen
- Wurzelwachstum in porenraumarmen Verfüllstoffen



## Auswirkungen von Wärmefeldern auf das Wurzelwachstum

Um das Wachstumsverhalten von Wurzeln im Umfeld von Fernwärmeleitungen untersuchen zu können, werden durch den Lehrstuhl für Evolution und Biodiversität der Pflanzen im botanischen Garten der Ruhr-Universität Bochum in Zusammenarbeit mit dem IKT Untersuchungen zur Wärmeausbreitung von erdverlegten Fernwärmeleitungen und deren Auswirkungen auf das Wurzelwachstum durchgeführt. In diesem Zusammenhang werden entsprechende Wärmefelder in mit Weidenstecklingen bepflanzten Versuchskisten durch Heizpatronen simuliert.

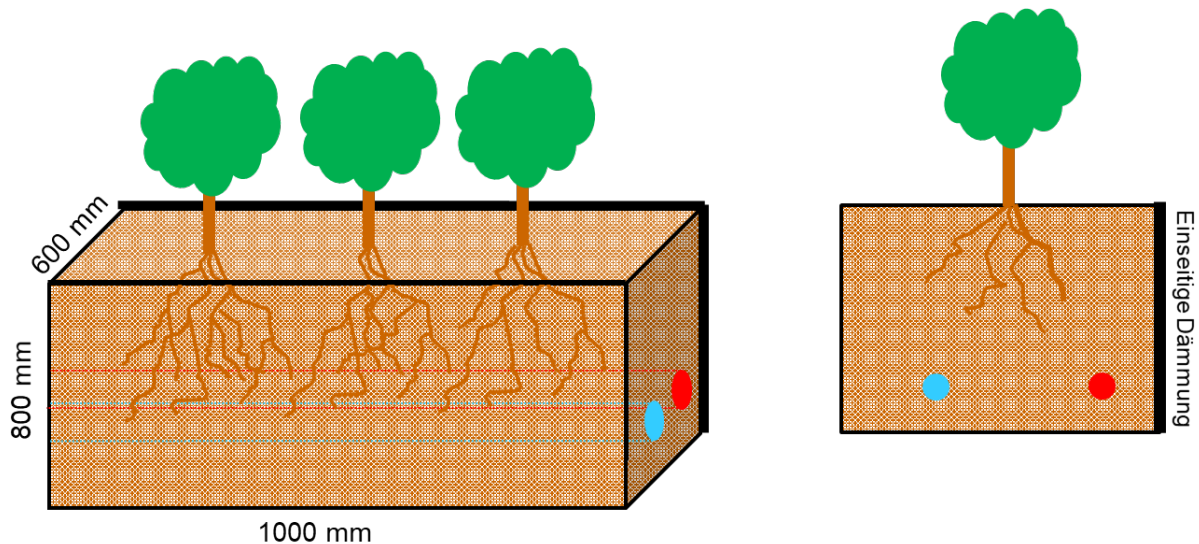


Abbildung 3: Versuchsaufbau zur Auswirkung von Wärmefeldern auf das Wurzelwachstum

Ziel ist die Untersuchung des Einflusses von Wärmefeldern auf die Richtung und Ausbreitung des Wurzelwachstums. Dazu wird ein möglichst hoher Temperaturgradient in den Versuchskisten erzeugt (blauer Punkt = Kaltwasserleitung, roter Punkt = Heizpatrone, vgl. Abbildung 3), um eventuelle Auswirkungen auf des Wurzelwachstum möglichst deutlich darstellen zu können. Mit diesen Versuchen sollen die Arbeitshypothesen untersucht werden, ob die Temperaturfelder von Fernwärmeleitungen im Baugrund das Wurzelwachstum fördern, hemmen oder darauf keinen Einfluss haben.

## Auswirkungen des Wurzelwachstums auf Fernwärmeleitungen

Zur Untersuchung der Wurzelfestigkeit von Fernwärmeleitungen werden, ebenfalls an der Ruhr-Universität Bochum, Versuche an Kunststoffmantelrohr-Probestücken durchgeführt. In einer ersten Versuchsreihe werden die Auswirkungen des Dickenwachstums von Wurzeln auf die PE-Ummantelung untersucht. Dazu wird das Wurzelwachstum auf eine Engstelle zwischen Kunststoffmantelrohr und einem Widerlager geführt (vgl. Abbildung 4). Ziel ist die Untersuchung der Robustheit der PE-Ummantelung gegenüber eines möglichen Eindrückens durch das Dickenwachstum von Wurzeln.

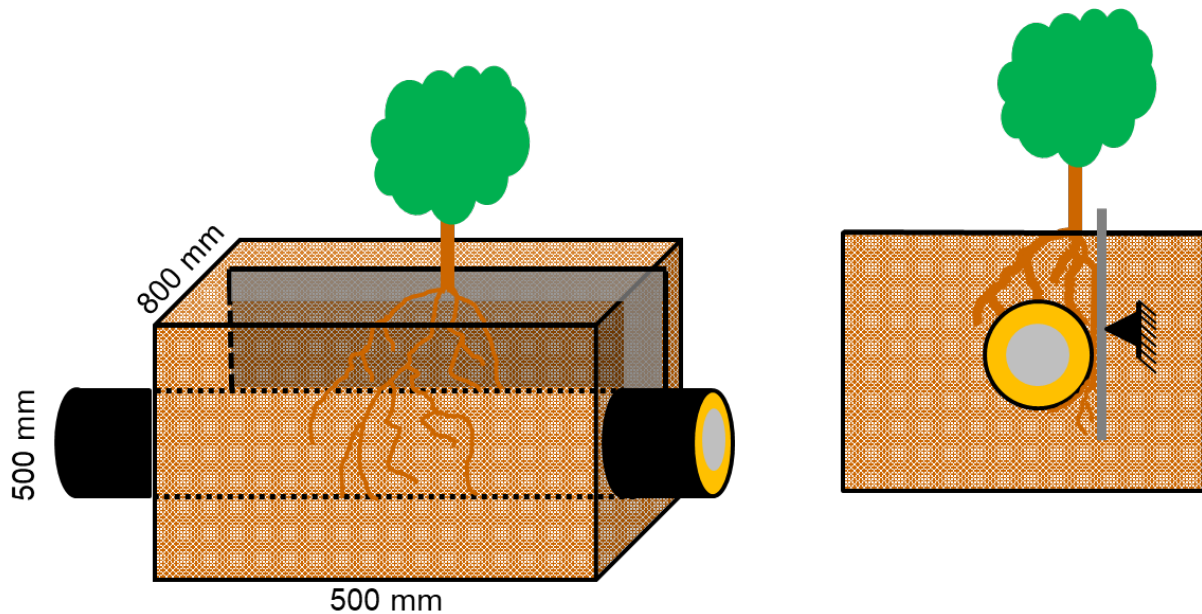


Abbildung 4: Versuchsaufbau zu Auswirkungen des Dickenwachstums von Wurzeln auf Kunststoffmantelrohre

In einer zweiten Versuchsreihe werden so genannte Outside-In-Versuche an Muffenverbindungen von Kunststoffmantelrohren durchgeführt. Durch die Outside-In-Versuche wird untersucht, ob Wurzeln in Muffenverbindungen einwachsen können. Zu diesem Zweck werden Kunststoffmantelrohmuffen vertikal aufgestellt und mit einem trapezförmigen Blumentopf umhüllt. In den entstehenden Raum zwischen Kunststoffmantelrohr und Blumentopf werden Weidenstecklingen eingesetzt und somit das Wurzelwachstum in Richtung der Muffen provoziert (vgl. Abbildung 5).



Abbildung 5: Versuchsaufbau zur Wurzelfestigkeit von KMR-Muffenverbindungen

### Wurzelwachstum in porenraumarmen Verfüllstoffen

Das Wurzelwachstum wird an einem bestehenden Versuchsfeld in Osnabrück (vgl. Abbildung 6, links) analysiert. Das Versuchsfeld in Osnabrück wurde im Rahmen des IKT-Forschungsprojektes „Anlage von Rehabilitationszonen an den verpflanzten Großbäumen mit unterirdischer Versuchsanlage (Wurzelgräben) am Standort Osnabrück“, DBU AZ.: 28019 [11]

errichtet. An einen Teil der hier eingepflanzten Bäume und eingebauten Substrate werden zunächst Aufgrabungen durchgeführt, um das Wurzelwachstum nach einer Standzeit von ca. 7 Jahren zu analysieren (vgl. Abbildung 6, rechts). Anschließend werden im Versuchsfeld porenraumarme Verfüllstoffe eingebaut, um die Schutzwirkung dieser Materialien gegenüber Wurzeleinwuchs untersuchen zu können. Durch punktuelles Aufgraben gegen Projektende werden diese passiven Schutzmaßnahmen auf Wirksamkeit überprüft.



Abbildung 6: Versuchsfeld Osnabrück (links) und Untersuchungen zum Auswurzelungsverhalten in Substraten im IKT-Projekt „Anlage von Rehabilitationszonen an den verpflanzten Großbäumen mit unterirdischer Versuchsanlage (Wurzelgräben) am Standort Osnabrück“ [11] (rechts)

## Projektabschluss

Die Projektlaufzeit beträgt 30 Monate. Der Projektabschluss ist für die Mitte des Jahres 2020 geplant. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden in einem Forschungsbericht veröffentlicht und fließen zusätzlich in die Regelwerksarbeit des AGFW mit ein.

## Über das IKT

Das IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur ist ein gemeinnütziges, unabhängiges und neutrales Forschungs-, Beratungs- und Prüfinstitut. Es befasst sich mit vielfältigen Fragestellungen der leitungsgebundenen Infrastruktur des Fernwärme-, Gas-, Wasser und Abwassersektors. Als unabhängiger und zuverlässiger Partner für Industrie, Kommunen und Verbände erbringt das IKT hochqualifizierte und innovative Forschungsleistungen und setzt die Ergebnisse zielorientiert in die Praxis um. Mit Blick auf die Interaktion von Baumwurzeln und Abwasserleitungen verfügt das IKT über umfangreiche Referenzen [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].





Abbildung 7: IKT –Institut für unterirdische Infrastruktur gGmbH in Gelsenkirchen

## Literaturverzeichnis

---

- [1] Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2014) in der Fassung der Bekanntmachung vom 21.07.2014.
- [2] Paar, A. et al.: Transformationsstrategien von fossiler zentraler Fernwärmeversorgung zu Netzen mit höheren Anteilen erneuerbarer Energien. AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V., April 2013.
- [3] AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.: <http://www.agfw.de/forschung-und-innovation/laufende-projekte/fliessfaehige-verfuellmaterialien/>, abgerufen am 10.03.2016.
- [4] Bosseler, B.: Rationelle (Ab)Wärmenutzung in NRW, Ausblick. Umweltcluster NRW, 2010. Download:[http://www.umweltcluster-nrw.de/data/files/811/20101115\\_iku\\_waermebroschuere\\_web%20%28final%29.pdf](http://www.umweltcluster-nrw.de/data/files/811/20101115_iku_waermebroschuere_web%20%28final%29.pdf).
- [5] Jakisch, N. et. al.: Evaluierung der Regenwasserbewirtschaftung im Vaubangelände – unter besonderer Berücksichtigung von Gründächern und Vegetation – Endbericht. Gefördert durch Eigenbetrieb der Stadtentwässerung der Stadt Freiburg und badenova AG & Co. KG, Oktober 2013. Download: [http://www.hydrology.uni-freiburg.de/forsch/regenwasservauban/Regenwasserprojekt\\_Vauban\\_Endbericht\\_Final.pdf](http://www.hydrology.uni-freiburg.de/forsch/regenwasservauban/Regenwasserprojekt_Vauban_Endbericht_Final.pdf).
- [6] Herdt, T.: Untersuchungen zur Stimulierung des regenerativen Wurzelwachstums an Eichen (*Quercus robur* L.). Dissertation, Freiburg, 1997.
- [7] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.: DWA-M 162: Bäume, unterirdische Leitungen und Kanäle. Hennef, Februar 2013. Textgleich als DVGW GW 125 und FGSV Nr. 939 erschienen.
- [8] Lyr, H.: Effect of the root temperature on growth parameters of various European tree species. *Ann Sci For* 53, pp. 317-323, 1996.
- [9] Heidger, C. (IHK-Hannover ö.b.u.v. Sachverständiger für Garten- und Landschaftsbau): Vortrag auf dem IKT-Lehrgang „Sachkundiger für Vegetation und unterirdischer Infrastruktur“.
- [10] Nielsen, Kenneth F.: *Roots and Root Temperatures in "The Plant root and its environment"*. Charlottesville, 1974.
- [11] Bennerscheidt, C.; Schröder, K.; Streckenbach, M.: Umweltsicherer Kanalbau durch wurzelfeste Bettung der Rohre - Teil 2: Anlage von Rehabilitationszonen an den verpflanzten Großbäumen mit unterirdischer Versuchsanlage (Wurzelgräben) am Standort Osnabrück. Sachverständigenbüro für urbane Vegetation und IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH. Gefördert von der DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt, September 2013.
- [12] Bosseler, B., Bennerscheidt, C., Bartel, M., Schmiedener, H.: Ökologische Auswirkungen von Wurzeleinwuchs in Abwasserkanälen und -leitungen und ökonomische Maßnahmen zur Schadensvermeidung und Sanierung. IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur in Kooperation mit Gelsenkanal (Auftraggeber), gefördert vom Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW, März 2001. Download: <http://www.ikt.de/website/down/f0009langbericht.pdf>
- [13] Stützel, Th.; Bosseler, B.; Bennerscheidt, C.; Schmiedener, H.: Wurzeleinwuchs 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. Download: <http://www.ikt.de/website/down/f0108langbericht.pdf>
- [14] Stützel, Th.; Bosseler, B.; Bennerscheidt, C.; Schmiedener, H.; Streckenbach, M.: Wurzeleinwuchs 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. Download: <http://www.ikt.de/website/down/f0160langbericht.pdf>
- [15] Bennerscheidt, C.; Schmiedener, H.; Streckenbach, M.; Hüben, S.; Schunicht, J.; Ströcker, K.: Wurzeleinwuchs in Abwasserleitungen und -kanäle - „ergänzende Feldversuche“. IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Biodiversität und Evolution der Pflanzen an der Ruhr-Universität Bochum und dem FIW – Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen. Gefördert durch das Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Juni 2007. Download: <http://www.ikt.de/website/down/f0164langbericht.pdf>
- [16] Bennerscheidt, C.: Betriebs- und Sanierungsmaßnahmen bei Wurzelschäden in öffentlichen und privaten Abwasserleitungen und -kanälen - Inspektionen. IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH in Kooperation mit der Gemeinde Raesfeld und dem Lehrstuhl für Biodiversität und Evolution der Pflanzen an der Ruhr-Universität Bochum. Gefördert durch das Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Juli 2007. Download: <http://www.ikt.de/website/down/f0085langbericht.pdf>
- [17] Stützel, Th.; Bennerscheidt, C.; Bludau, F.; Schmiedener, H.; Schröder, K.; Streckenbach, M.: Umweltsicherer Kanalbau durch wurzelfeste Bettung der Rohre - Teil 1: Verpflanzung von Großbäumen mit unterirdischer Versuchsanlage (Wurzelgräben) am Standort Osnabrück. IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Biodiversität und Evolution der Pflanzen an der Ruhr-Universität Bochum und der Stadt Osnabrück. Gefördert durch die DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Februar 2011. Download: <http://www.ikt.de/website/down/f0177langbericht.pdf>