



**tur ein.** Klimawandel, demografische Veränderungen sowie Platzbedarf für Energie- und Breitband-Trassen fordern jedoch dauerhafte Flexibilität. Die übliche Koordinierung von aktuellen Baumaßnahmen reicht hier allein nicht aus. **Sektorübergreifende Langfrist-Strategien zur Nutzung des unterirdischen Raums sind gefragt**, damit auch künftig alle Infrastrukturleistungen ihren Raum finden, ihre Anpassungsfähigkeit erhalten und ressourceneffizient zur Lebensqualität beitragen. Dies betrifft insbesondere [i]:

- **Konzepte und Management:** Eine echte „Kommunale Koordinierung Infrastruktur“ fordert flexible Steuerungsmodelle und –werkzeuge. Die Voraussetzung sind Transparenz im Untergrund und systematische Regeln und Anreize. Wechselwirkungen, Konflikte und Lösungen in Planung, Bau, Betrieb und Sanierung der unterirdischen Infrastruktur müssen schon im Modell nachvollziehbar mit Kostenvor- und -nachteilen abgebildet werden. Hierdurch wird die politische Willensbildung bei der Entwicklung von Langfrist-Strategien entscheidend unterstützt. Ein typisches Beispiel sind sektorübergreifende, interdisziplinäre Lösungsansätze, so z.B. für die Interaktion zwischen Vegetation und Infrastruktur, die auch aktuell im gemeinsamen Regelwerk von DWA, DVGW und FGSV eindrucksvoll Rückhalt erfahren (vgl. [ii]).
- **Technologien:** Regelwerke und Anreizsysteme grenzen den Lösungsraum für technologische Entwicklungen naturgemäß ein. Innerhalb dieser Grenzen müssen die besonders aussichtsreichen Technologien zur multifunktionalen Nutzung des Untergrunds erkannt und ggf. weiterentwickelt werden. Ein Beispiel sind multifunktionale Böden, die gleichzeitig als bodenmechanisches Traggerüst, hydrogeologischer Leiter/Speicher, ökologisches Puffermedium, vegetationstechnisches Substrat und Wärmeleiter/-barriere fungieren. Ziel ist dann die Entwicklung bzw. Harmonisierung von Anforderungsprofilen zum „Untergrund-Design“, um so auch Technologievergleiche für multifunktionale „Untergründe“ zu ermöglichen und weitere Technologieentwicklungen zu fördern.
- **Akzeptanzfördernde Maßnahmen - Kommunikation:** Die Einführung/Änderung von Regelwerken und Anreizsystemen sowie der Einsatz innovativer Technologien finden nur dann Akzeptanz bei Bürgern und Politik, wenn die gesellschaftlichen Ziele und Handlungsszenarien klar und Störungen sowie finanzielle Mehrbelastungen ausgeschlossen sind. Politische Entscheidungen müssen durch akzeptanzfördernde Maßnahmen vorbereitet sein. Dies fordert auch eine klare Nutzen-Argumentation für den Bürger, z.B. mit Blick auf direkte wirtschaftliche Vorteile (Gebühren u.a.). Um die Verbreitung dieser Erkenntnisse zu sichern, müssen die Zusammenhänge darüber hinaus in Vorreiter-Kommunen umgesetzt und in die praxisnahe Ausbildung eingebracht werden.

Diese Zusammenhänge werden nachfolgend vertieft.

## Konzepte und Management

Nutzungskonflikte können sich ergeben, wenn Maßnahmen und Wirkungen in unterschiedlichen Netzen der Ver- und Entsorgung oder an städtischem und privatem Grün aufeinander treffen. Die Extrapolation der bereits beobachteten Konflikt-Szenarien auf künftig zu erwartende Wechselwirkungen und Konflikte gewinnt dann

an Bedeutung. Treiber für Veränderungen sind z.B. die Anpassungen der Anschlussdichte und die Änderung der klimatischen Bedingungen, die Anpassung und Erweiterung der Wärme- und Energienetze, neue wasserwirtschaftliche Anforderungen sowie die besonderen Risiken beim Bau in einem alternden, wenig robusten Gebäudebestand. Neben den Veränderungen aus technischer Sicht sind aber auch Anpassungen und Brüche in den institutionellen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Zumeist stammen diese noch aus Zeiten, in denen unkoordiniert nebeneinander geplant wurde.

Hier setzt die Überprüfung und ggf. Änderung obsoleter Regeln an und eröffnet den einzelnen Akteuren neue Handlungsstrategien. Durch die Nutzung von Spielräumen, technischen und/oder organisatorisch-vertraglichen Innovationen sowie dem Erkennen neuer Kooperationsmöglichkeiten kann ein „Einklang der Nutzungen“ erst ermöglicht werden. Eine besondere Bedeutung kommt dabei der Finanzierung der Maßnahmen zu. Zentral ist, dass Maßnahmen, die aus Sicht eines einzelnen Akteurs betriebswirtschaftlich optimal sind, noch lange nicht auch aus Sicht aller Akteure und damit der Allgemeinheit vorteilhaft sein müssen. Institutionelle Mechanismen der Finanzierung sind so zu gestalten, dass sämtliche Akteure Anreize haben, die für die Allgemeinheit jeweils optimale Lösung konstruktiv zu verfolgen. Dies setzt voraus, dass sowohl das Nebeneinander von Gebühren, Beiträgen, Steuern, Abgaben und Entgelten als auch die Auswirkungen auf den Bürger aus z.B. demografischen Veränderungen, Klimawandel und altersbedingtem Substanzverlust der Infrastruktur berücksichtigt werden. Entsprechend sind Managementinstrumente und Modelle zur fortlaufenden, dynamischen Anpassung der Gebührenstrukturen an sich ändernde Randbedingungen gefragt.

Im Gesamtblick bilden verlässliche Regeln und Anreize die Grundlage, um dauerhafte Kooperationsbeziehungen zwischen den sehr unterschiedlichen Akteuren zu begründen und einvernehmliche Lösungen zur Nutzung des „unterirdischen Raumes“ herbeizuführen. Politische Leitsätze zur konfliktfreien und integralen Entwicklung der unterirdischen Infrastruktur können hieran anknüpfen oder gar den Ausgangspunkt bilden.

## Technologien

Regeln und Anreize bilden entscheidende Randbedingungen für die Nutzung technischer Lösungen und ggf. deren technologische Weiterentwicklung. Entscheidend für die Entwicklung und Auswahl künftiger Technologien ist dann, welche Innovationspfade unter (sozio-) ökonomischer, ökologischer und technischer Betrachtung effizient, wirkungsvoll und letztlich vertretbar erscheinen.

Die Entwicklung multifunktionaler Böden bzw. Untergründe dokumentiert schon heute beispielhaft das technologische Wechselspiel zwischen den Anforderungsprofilen unterschiedlicher Disziplinen und die damit verbundenen, besonderen Innovationspotenziale. Gerade Böden und Untergründe sind von besonderer wissenschaftlicher und praktischer Bedeutung, da sämtliche Nutzungen im Untergrund entscheidend durch die vorgefundenen bzw. eingesetzten Untergründe (Böden, Verfüllstoffe, Einbauten) unterstützt und beeinflusst werden. Herausragende Funktionen sind dabei u.a. bodenmechanische Stützfunktionen, Puffer- und Reinigungsfunktion, Nährboden bzw. Wurzelbarriere, hydrogeologische Leiter-, Speicher- oder Sperrfunktionen (vgl. [iii]). So fördern Materialien mit größerem Porenraum sowohl Möglichkeiten zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung als auch zur Wurzelraumgestaltung. Darüber

hinaus werden auch im Kanal- und Leitungsbau aus bodenmechanischen Gründen z.T. porenraumreiche Verfüllstoffe eingesetzt, wie sie auch für Vegetationstragschichten zur Anwendung kommen. Ergänzende technische Maßnahmen im Untergrund, wie z.B. die Ausbildung eines Wurzelvorhangs vor Grabenaushub, können die Reichweite der Betrachtung noch erhöhen. Hier stellt sich nun die Frage, ob die Kenntnis über diese unterschiedlichen Nutzungen auch neue Perspektiven für bautechnische Lösungen bietet.

Auf der Grundlage der in [iii] dargestellten Erfahrungen zeigt Bild 2 als Beispiel einen Vorschlag zur multifunktionalen Ausbildung des Leitungsgrabens. Durch Einsatz unterschiedlicher Bettungs- und Verfüllstoffe lassen sich den dargestellten Grabenzonen S, D, H, N dann unterschiedliche Nutzungen oder Funktionen zuschreiben [iii]:

- **N – Nutzung:** Üblicherweise wird dieser Bereich für den Lastabtrag aus dem (Straßen)-oberbau dimensioniert. Dabei kann grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden, dass die Porenräume dieses Bereichs auch Wurzelwachstum erlauben und Dränagewirkung entfalten. Eine planmäßige Nutzung kann diese Zusammenhänge deutlicher hervorheben und bewusst machen. Dies gilt insbesondere für die planmäßige Ausbildung einer überbaubaren Vegetationstragschicht, wie sie auch für andere Bereiche allgemein anerkannt ist (vgl. [iv]). Allerdings ist dann auch zu berücksichtigen dass bei späteren Maßnahmen in offener Bauweise an der unterirdischen Leitung dieser Bereich und damit auch das Wurzelwerk (wieder) gestört werden muss. Ergänzend wäre auch zu hinterfragen, ob im Falle eine planmäßigen Vegetationsnutzung ggf. besondere Maßnahmen für den Oberbau vorzusehen sind.
- **D – Deckschicht:** Die Deckschicht trägt gemeinsam mit der Seitenverfüllung S und den inneren Scherkräften in der Nutzungszone N zur Lastverteilung innerhalb der Leitungszone bei. Durch den Einsatz besonders porenarmen Materials, kann hier eine Schicht ausgebildet werden, die planmäßig Wurzelwachstum abweist. Werden z.B. fließfähige, hydraulisch abbindende Materialien eingesetzt, lassen sich auch die bautechnischen Anforderungen nach [v] erfüllen.
- **S – Seitenverfüllung:** Die Seitenverfüllung dient wesentlich dem Abtrag der vertikalen Lasten, insbesondere bei Lastverteilung in diesen Bereich. Gut verdichtbare Materialien sind einzusetzen. Im Sinne des Wurzelschutzes bietet sich – ähnlich wie bei der Deckschicht - auch der Einsatz selbstverdichtender porenraumarmer Materialien an. Wird porenraumreiches Material eingesetzt, ist auch eine Nutzung als Dränageraum denkbar.
- **H – Hüllzone:** Die Hüllzone kann unmittelbar dem Rohrschutz beim Einbau dienen. Sie kann auch, ggf. gemeinsam mit den Zonen S und D, als Wurzelschutz mit porenraumarmem Material gefüllt werden. In Wasserschutzgebieten kann stark undurchlässiges Material auch zum doppelten Exfiltrationsschutz, ähnlich wie bei Doppelwandrohren, dienen.

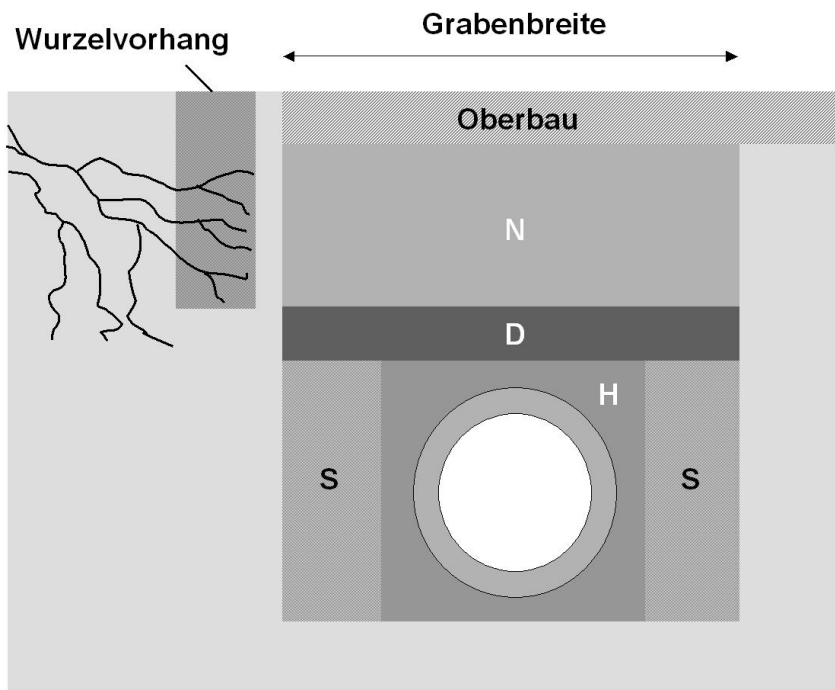


Bild 2: Leitungsgraben mit multifunktionalen Grabenzonen  
 N – Nutzung, D – Deckschicht, S – Seitenverfüllung, H – Hüllzone

Die im Zuge des Kanal- und Leitungsbaus in offener Bauweise hergestellten Gräben bieten so die Chance, durch den gezielten Einsatz innovativer Bettungs- und Verfüllmaterialien diese vielfältigen Nutzungen gemeinsam anzusprechen. Vorteile ergeben sich mit Blick auf die

- **Wirtschaftlichkeit:** Baukosten können durch geringere Grabenbreiten und schnellere Bauabläufe gesenkt und Risiken aus Wurzelwuchs durch gezielten Einsatz porenarmer Materialien vermindert werden. Kosteneinsparpotenziale böte auch eine vertragliche Einbindung mehrere Kostenträger, z.B. für Grün und unterirdische Infrastruktur.
- **Lebensqualität:** Eine zuverlässige Ver- und Entsorgung bei gleichzeitig grünem und attraktivem Stadtbild bietet gute Voraussetzungen für eine hohe Lebensqualität. Auch unter beengten Platzverhältnissen sind daher planerische Handlungsfreiheiten gefragt. Diese bieten sich z.B., wenn im oberen Bereich des Leitungsgrabens – dort wo Wurzeln ohnehin schon heute vielfach eindringen - gezielt überbaubare Vegetationstragschichten geplant werden. Gleichzeitig ist dann das unmittelbare Umfeld der unterirdischen Infrastruktur durch wurzelabweisende Verfüllzonen vor Einwuchs zu schützen, so dass Wurzelschäden an Leitungen verringert werden.
- **Nachhaltigkeit:** Eine nachhaltige Entwicklung der Städte setzt planvolles Vorgehen voraus. Dies betrifft auch den Untergrund mit seinen vielfältigen Nutzungen. Der derzeitige Wettbewerb um unterirdischen Raum, z.B. ausgedrückt durch die Forderung nach Mindestabständen oder Sperrzonen, schränkt die Anpassungsfähigkeit massiv ein. Klimaveränderungen und demografische Entwicklungen fordern aber gerade Flexibilität und die frühzeitige Identifizierung und Planung von Handlungsoptionen. Hier sollten multifunktio-

nale Nutzungen von Bettungs- und Verfüllmaterialien in den die Fläche durchdringenden Leitungsgräben an Bedeutung gewinnen.

## **Akzeptanzfördernde Maßnahmen und Kommunikation**

Die Einführung und Änderung von Regelwerken und Anreizsystemen sowie der Einsatz innovativer Technologien fordern stets die Akzeptanz von Bürgern und Politik. Politische Entscheidungen sind durch akzeptanzfördernde Maßnahmen vorzubereiten. Ergeben sich gesellschaftliche Vorteile durch größere Entscheidungsspielräume für die Zukunft, sind diese Vorteile überzeugend zu begründen. Mögliche Veränderungen der Markt-, Gesellschafts- und Umweltbedingungen sowie mögliche politische, institutionelle und technische Entwicklungsvarianten fließen hierin ein. Typische Szenarien mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit sind dabei einzugrenzen und deren Bedeutung überzeugend darzustellen. Dabei ist von besonderem Interesse, welche künftig handelnden Akteure bzw. handelnden Institutionen relevant und vielleicht heute schon eingebunden werden können.

Im direkten Kontakt mit der Bürgerschaft sind wiederum klare Nutzen-Argumentationen gefragt, d.h.: Was bringt eine verbesserte Koordination tatsächlich? Z.B. mit Blick auf weniger Störungen und direkte wirtschaftliche Vorteile für den Bürger (Gebühreneinsparungen etc.). Diese Argumente sind sektorübergreifend in Beratungsstrategien einzubinden. Aktuelle Beispiele sind die Koppelung von Fragen zur Entwässerung, zum Breitbandausbau und zur Regenwasserbewirtschaftung.

Letztlich hängt die Umsetzung ganzheitlicher, intelligenter Konzepte wesentlich davon ab, dass die jeweiligen wirtschaftlichen Lasten sowohl für die Allgemeinheit als auch für die Anschlussnehmer und Kommunen tragbar und finanzierbar sind. Anreize und Regeln für die beteiligten Akteure müssen sich hieran orientieren. Die (sozio-)ökonomischen Bewertungskriterien und Argumentationslinien müssen zunächst in Praxisfällen erprobt und Bürger sowie Wirtschaft in geeigneter Weise sensibilisiert, einbezogen und ggf. auch vom eigenen finanziellen Engagement überzeugt werden. Die praxismgerechte Visualisierung von Wechselwirkungen und Szenarien, z.B. in 3D-GIS-Umgebungen, kann hier weiterhelfen. Die Fachrichtungen Bodenordnung, Vermessung und Geoinformation arbeiten dann Hand in Hand.

Durch Leitmotive wie „Unsichtbares sichtbar machen“ kann darüber hinaus schon in der Ausbildung das Verständnis für Wechselwirkungen im Untergrund geweckt und erweitert werden. Verständnis und Kompetenz in allen Generationen ist der Schlüssel für die stetige Anpassung an sich verändernde Randbedingungen. Wer in den Jahren 2030-2050 Verantwortung trägt, wird heute in Schulen, Unternehmen und Hochschulen ausgebildet. Entsprechende Bildungsbausteine müssen flexibel in unterschiedlichen Bildungsgängen eingesetzt werden können.

## **Forschungsverbund „Unterirdischer Raum“**

Die vielfältigen, hier beispielhaft dargestellten Fragestellungen fordern eine fachübergreifende Zusammenarbeit in Forschung und Praxis. Im interdisziplinären Verbund lassen sich Randbedingungen bewerten und Freiheitsgrade erkennen, das Verständnis für die Zusammenhänge fachübergreifend erhöhen und letztlich sämtliche Nutzungen im Einklang optimieren. Der Forschungsverbund „Unterirdischer Raum – Nutzungen im Einklang“ setzt hier an und identifiziert konkreten Forschungs- und Entwicklungsbedarf und initiiert gemeinsame Vorhaben, um Lösungsansätze,

Strategien und Produkte zur optimalen Nutzung des unterirdischen Raumes zu erarbeiten. Er lebt von seiner ganzheitlichen und interdisziplinären Ausrichtung.

Das Management des Forschungsverbundes wird durch das IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur wahrgenommen. Zu den Mitgliedern gehören neben dem IKT und seinen Fördervereinen der Netzbetreiber und der Wirtschaft auch die Ruhr-Universität Bochum (Lehrstuhl Tunnelbau, Leitungsbau und Baubetrieb, Lehrstuhl Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik, Lehrstuhl Evolution und Biodiversität der Pflanzen), die Hochschule Ruhr West (Wirtschaftsinstitut), die Leibniz Universität Hannover (IGtH, Institut für Geotechnik), die Bergische-Universität Wuppertal (Lehrstuhl Boden und Grundwassermanagement), die Bauhaus Universität Weimar (Lehrstuhl Siedlungswasserwirtschaft), die TU Kaiserslautern (Lehrstuhl Baubetrieb und Bauwirtschaft) sowie die Franz Fischer Ingenieurbüro GmbH, das Kommunale Netzwerk Grundstücksentwässerung (am IKT), die Kommunal-Stiftung NRW, die Stadt Göttingen und die Gelsenwasser AG.

Die Mitglieder des Forschungsverbundes bilden unmittelbar die zur Bearbeitung der hier dargestellten Fragen notwendigen Fachdisziplinen und Kompetenzen ab. Dies umfasst Bereiche wie Institutionenökonomik, Kommunales Finanzmanagement, Wirtschaftlichkeitsanalysen, Entscheidungsmodelle, Siedlungswasserwirtschaft, Infrastrukturplanung, Boden- und Grundwassermanagement, Geotechnik, Baubetrieb, Kanal- und Leitungsbau sowie Vegetationstechnik.

Beiräte der Wirtschaft und der Netzbetreiber werden nach Bedarf aus Mitgliedern der entsprechenden Trägervereine des IKT gebildet; sie formulieren strategische Leitlinien und sichern die Praxisorientierung. Fachspezifische Teilaufgaben werden in eigenen Clustern eigenverantwortlich geleitet und umgesetzt.

## **Ausblick**

Mit fortschreitender Veränderung der urbanen Räume wird auch das Thema „Unterirdische Raum – Nutzungen im Einklang“ an Bedeutung gewinnen. Das IKT und seine Forschungspartner werden diese Entwicklung durch eigene Forschungsarbeiten, Veröffentlichungen und die Verbreitung wissenschaftlicher Ergebnisse auf nationaler und internationaler Ebene begleiten und unterstützen. Zielgruppen sind u.a. Ingenieure, Techniker, Bauausführende, Stadtplaner, Architekten sowie Entscheidungsträger in Politik und Verwaltung. Darüber hinaus rückt die Moderation in Konfliktfällen, bei Konzeptentwicklung und bei Vertragsgestaltung verstärkt in den Fokus. Know-how zu Planung, Bau, Sanierung einschließlich Finanzierung und Betrieb der Netze werden dann gezielt in infrastrukturorientierte Beratungsprodukte überführt. Potenzielle Nutzer sind vor allem die Kommunen und deren Einrichtungen. Langfristiges Ziel ist die Förderung und Begleitung entsprechender Umsetzungsprozesse in den Städten und Gemeinden.

## **Kontakt**

PD Dr.-Ing. Bert Bosseler  
IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH  
Exterbruch 1, 45886 Gelsenkirchen  
Email: bosseler@ikt.de  
Tel.: +49-209-17806-0

- 
- [i] Forschungsverbund „Unterirdischer Raum – Nutzungen im Einklang“, gegründet 2011: IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH, Ruhr-Universität Bochum (Lehrstuhl Tunnelbau, Leitungsbau und Baubetrieb, Lehrstuhl Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik, Lehrstuhl Evolution und Biodiversität der Pflanzen), Hochschule Ruhr West (Wirtschaftsinstitut), Leibniz Universität Hannover (IGtH, Institut für Geotechnik), Bergische-Universität Wuppertal (Lehrstuhl Boden und Grundwassermanagement), Bauhaus Universität Weimar (Lehrstuhl Siedlungswasserwirtschaft), TU Kaiserslautern (Lehrstuhl Baubetrieb und Bauwirtschaft), Franz Fischer Ingenieurbüro GmbH, Kommunales Netzwerk Grundstücksentwässerung (am IKT), Kommunalstiftung NRW, Stadt Göttingen, Gelsenwasser AG.
  - [ii] DWA-M 162: Bäume, unterirdische Leitungen und Kanäle. Regelwerk der DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Weißdruck, 01/2013, entspricht DVGW GW 125 und FGSV Nr. 939.
  - [iii] Bosseler, B.; Bennerscheidt, C.; Liebscher, M.: Bettungs- und Verfüllmaterialien - Perspektiven im Kanal- und Leitungsbau, gwa 8/2009.
  - [iv] FLL – Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (2004): Empfehlungen für Baumpflanzungen, Teil 2: Standortvorbereitungen für Neupflanzungen; Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate. FLL, Bonn.
  - [v] DIN EN 1610 (1997): Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen. Beuth Verlag, Berlin, 10/97.