

Anforderungen an Kanalnetze im innerstädtischen Bereich – Widerstandsfähigkeit gegen Korrosion und Wurzeleinwuchs

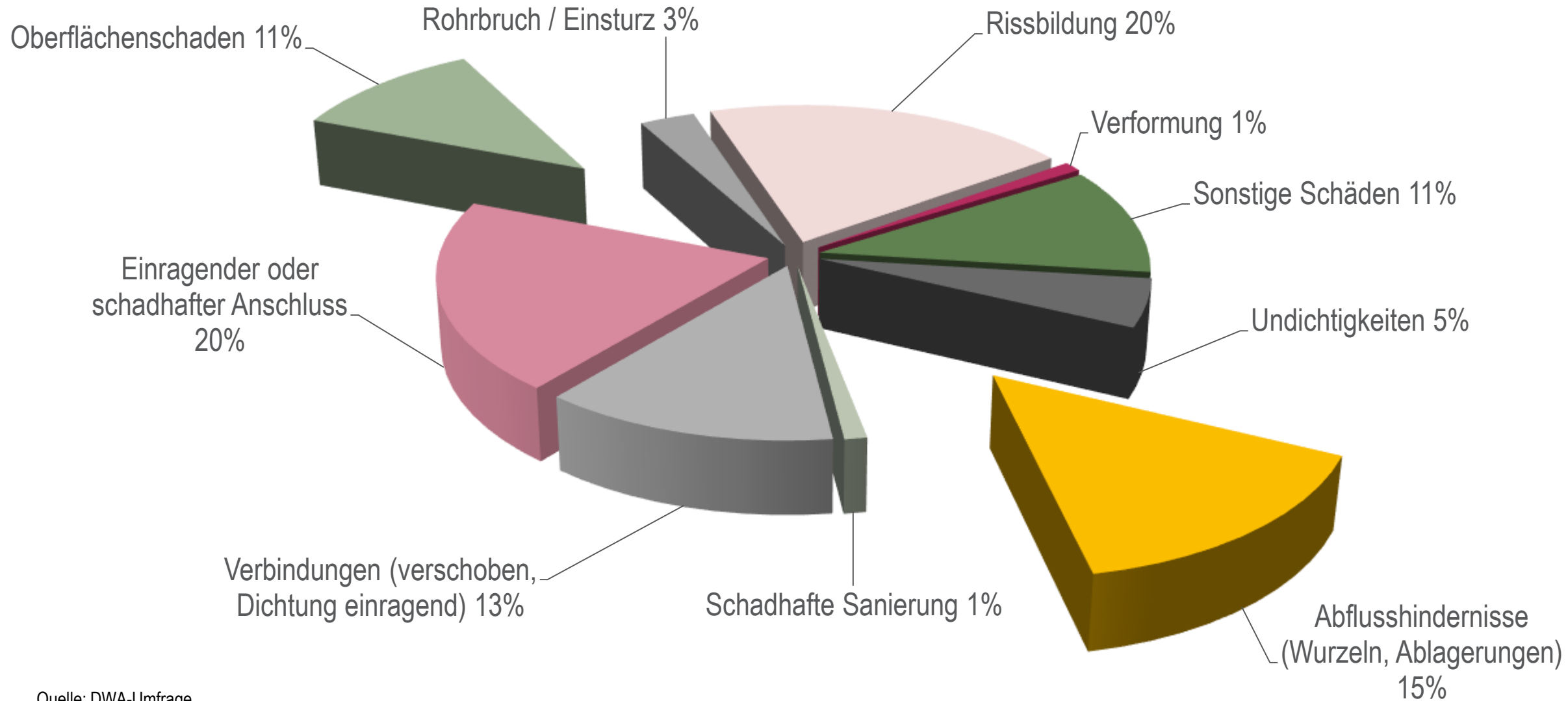


Inhaltverzeichnis

- **Zustand des Kanalnetzes in Deutschland**
- **Fremdwasser**
- **Schäden durch Korrosion**
- **Schäden durch Wurzeleinwuchs**
- **Schachtsanierung**

Zustand der Kanalisation in Deutschland (Netzlänge ca. 560.000 km)

davon 8% der Haltungen kurzfristig zu sanieren (ZK 0-1)
davon 9% der Haltungen mittelfristig zu sanieren (ZK 2)



Quelle: DWA-Umfrage

Zustand der Kanalisation in Deutschland – Schächte (ca. 13,4 Mio.)

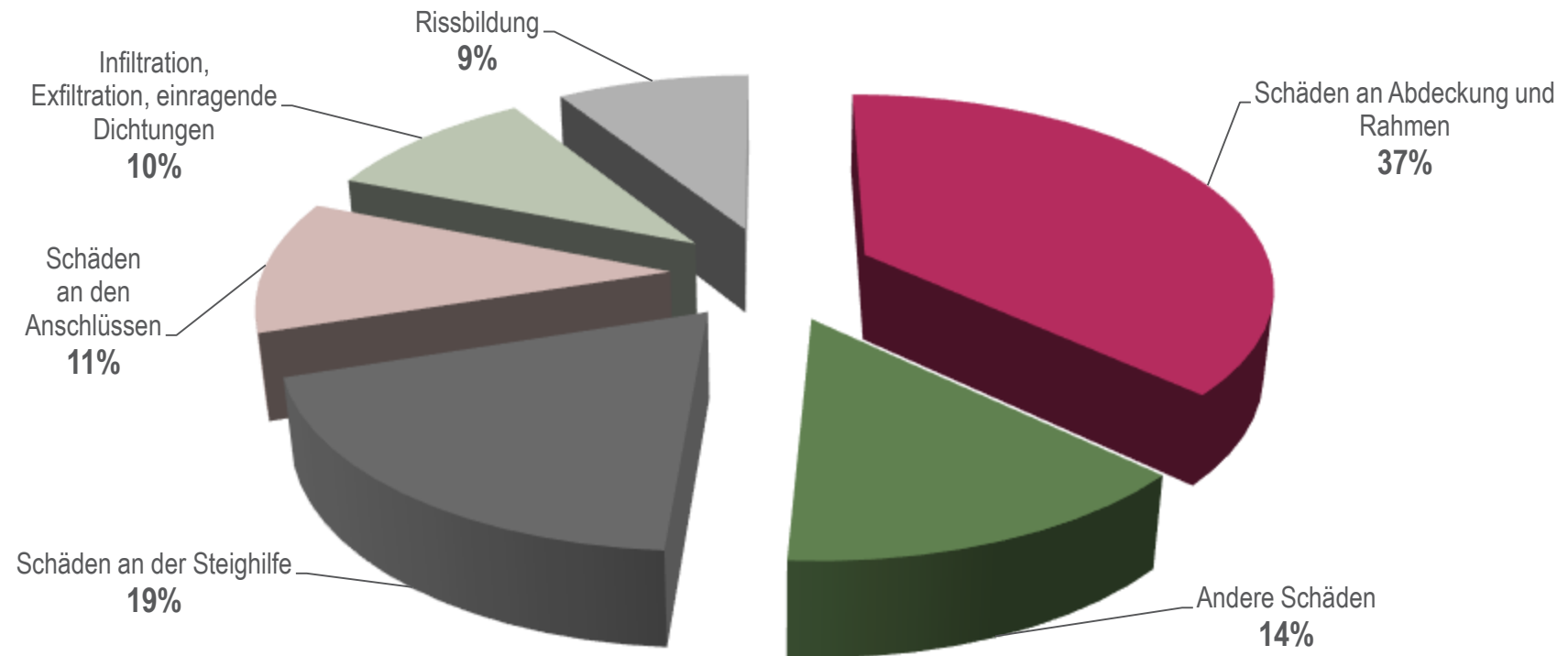
5,9 Mio. Schächte in Mischkanälen

4,6 Mio. Schächte in Schmutzwasserkanälen

2,9 Mio. Schächte in Regenwasserkanälen

ca. 1-2 Mio. Schächte schadhaft (>10%)

Schadensverteilung an Schächten (DWA 2009)



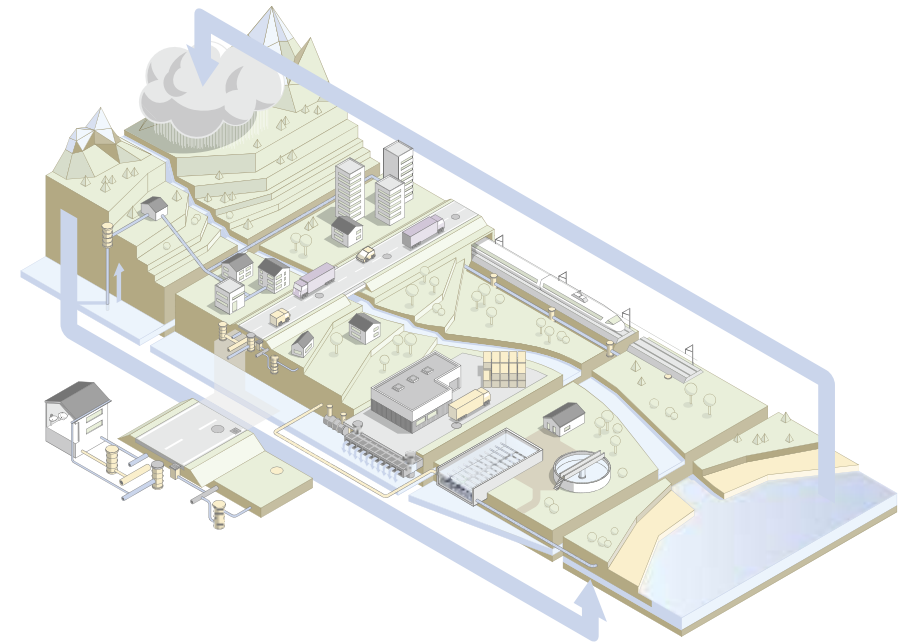
Kanalnetzmanagement

Die Sanierung dient der Wiederherstellung und Verbesserung des Zustandes vorhandener Entwässerungssysteme:

- hydraulische Aspekte (Verstopfung, Überflutung, Standzeiten, Verweilzeiten usw.)
- umweltrelevante Aspekte (Verschmutzung, Exfiltration, Infiltration, Geruch, Ökologie)
- betriebliche Aspekte (Wartung, Überlastung der Kläranlagen)
- bauliche Aspekte (Standicherheit, Setzungen, Undichtigkeiten)

Durchzuführende Maßnahmen sind:

- die Feststellung und Beurteilung des Istzustandes
- die Erarbeitung von Lösungen
- die Ausführung und Kontrolle





KANALSYSTEME

Bewertungen und Anforderungen an Kanalsysteme – Korrosion, Fremdwasser und Wurzeln

Inhaltverzeichnis

- Zustand des Kanalnetzes in Deutschland
- **Fremdwasser**
- Schäden durch Korrosion
- Schäden durch Wurzeleinwuchs
- Schachtsanierung



[16]

Fremdwasser ist Wasser,

- das sich nicht am dafür vorgesehenen Ort befindet
- das ungewollt durch die Kanalisation abfließt

Beispiele:

- Undichtigkeiten in der Kanalisation
- Oberflächenwasser
- Bach- oder Drainagewasser
- eingeleitetes Wasser über Fehlanschlüsse



Fremdwasser:

- aufwendig zu Messen und zu beseitigen
- Veränderung der Abwassereigenschaften
- hydraulische Überlastung
- nach Beseitigung treten ev. andere Probleme auf



[18]

Fremdwasser:

- belastet unsere Kläranlagen
- führt zu hohen Abwasserabgaben



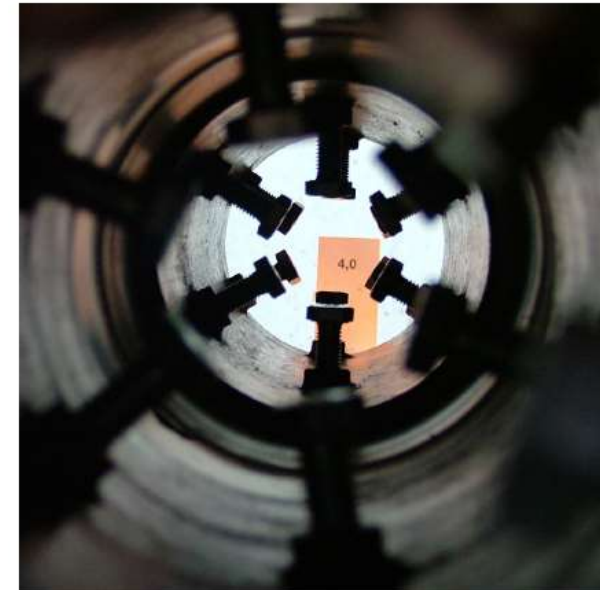
Fremdwasser:

Beispiel:

Fremdwasser von 0,3l/s (z.B. Grundwasser oder der kleine Dorfbrunnen) an einer Stelle im Kanalnetz entspricht jährlich 10.000 m³ bzw. 10.000.000 Liter

Ca. 20% der jährlichen Gesamtabwassermenge von ca. 9,6 Milliarden m³ sind Fremdwasser

Dies entspricht in etwa der Wassermenge des Chiemsees (1,8 Milliarden m³)



Produktbezeichnung	Rohrverbindung 1	Rohrverbindung 2	Rohrverbindung 3	Mittelwert
AWADUKT PP SN 10 RAUSISTO DN 160	4,90 bar	4,86 bar	4,82 bar	4,86 bar

Anmerkung: Die Höchstwerte geben den Höchstdruck des Wasserversorgungsnetzes wieder.

Quelle: IKT

Inhaltverzeichnis

- Zustand des Kanalnetzes in Deutschland
- Fremdwasser
- **Schäden durch Korrosion**
- Schäden durch Wurzeleinwuchs
- Schachtsanierung

Schäden durch Korrosion



Schäden durch Korrosion





[32]

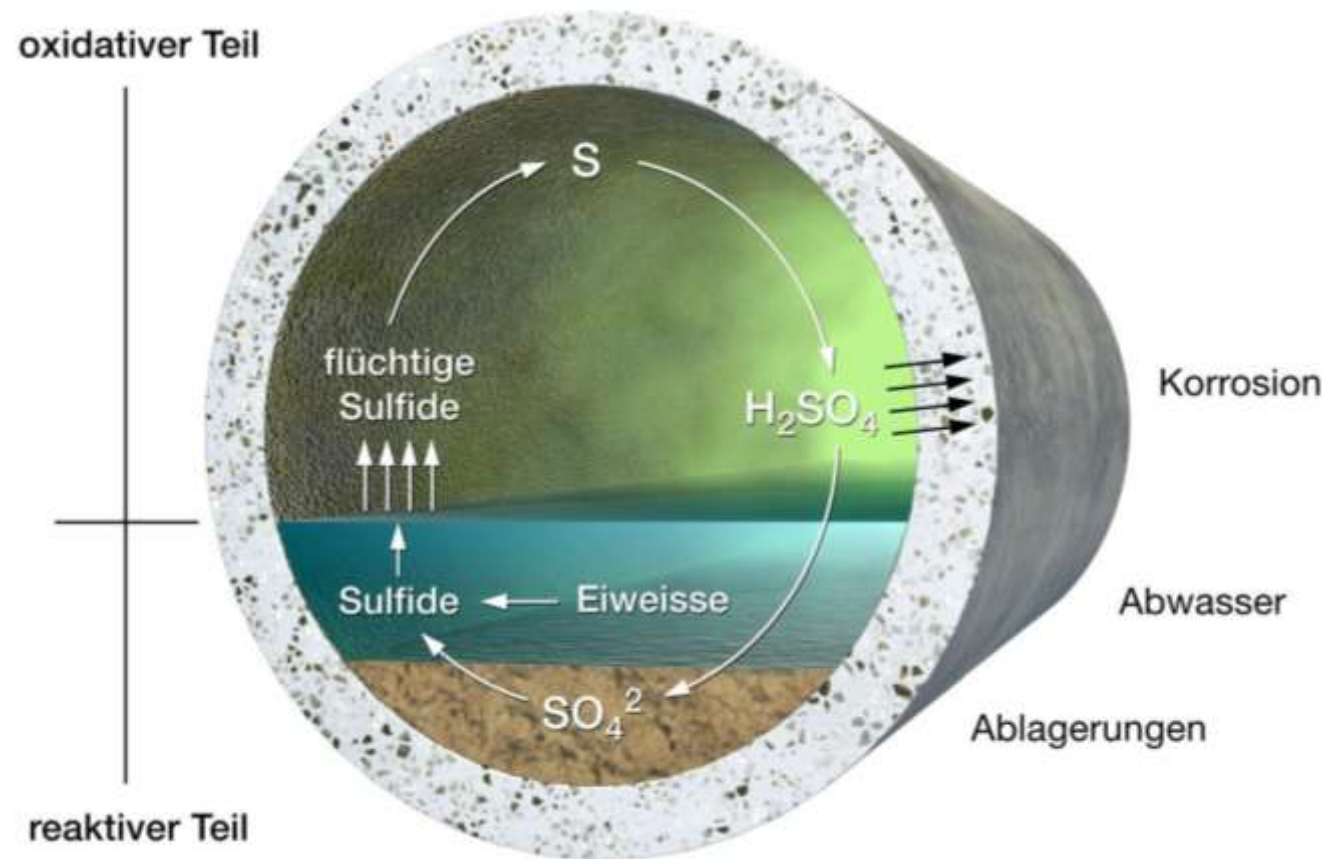
Schadensfolgen durch Korrosion

- Reduktion der Wanddicke
- Gefährdung der Standsicherheit
- Erhöhung der Wandrauhigkeit
- Reduktion der hydraulischen Leistungsfähigkeit
- Gefahr beim Einstieg in Schächte durch korr. Steigeisen/Steighilfen

Entstehung von Korrosion

- Sulfat (SO_4^{2-}) im Abwasser (Trinkwasser, Gips, Dünger)
- anaerober Proteinabbau führt zur Bildung von Sulfiden
- Sulfide und Wasser bilden Schwefelwasserstoff (H_2S)
- H_2S ist flüchtig und steigt auf
- H_2S oxidiert mit O_2 zu Schwefelsäure (H_2SO_4)

➡ biogene Schwefelsäurekorrosion





Anforderungen an Kanalsysteme

- dicht und stabil
- leicht zu verlegen
- chemisch resistent pH-Wert 1 – 13
- Temperaturbeständig bis 95 °C
- möglichst geringe Wandrauigkeit
- punktlastbeständig
- dauerhaft

z.B. Polypropylen ohne Füllstoffe

Korrosionsbeständigkeit



Die Schwefelsäurekonzentration durch Abbauprozesse im Kanal bzw. an der Rohr- oder Schachtwandung kann bis auf 10% steigen

- Polypropylen ist **beständig gegenüber Schwefelsäurekonzentrationen bis 90%**
- Steigleitern aus GfK bis 30%
- Dichtungen aus SBR bis 20%, aus EPDM bis 50%

Inhaltverzeichnis

- Zustand des Kanalnetzes in Deutschland
- Fremdwasser
- Schäden durch Korrosion
- **Schäden durch Wurzeleinwuchs**
- Schachtsanierung

Schäden durch Wurzeln im Rohr



Schäden durch Wurzeln im Schacht



Schäden durch Wurzeln im seitlichen Zulauf

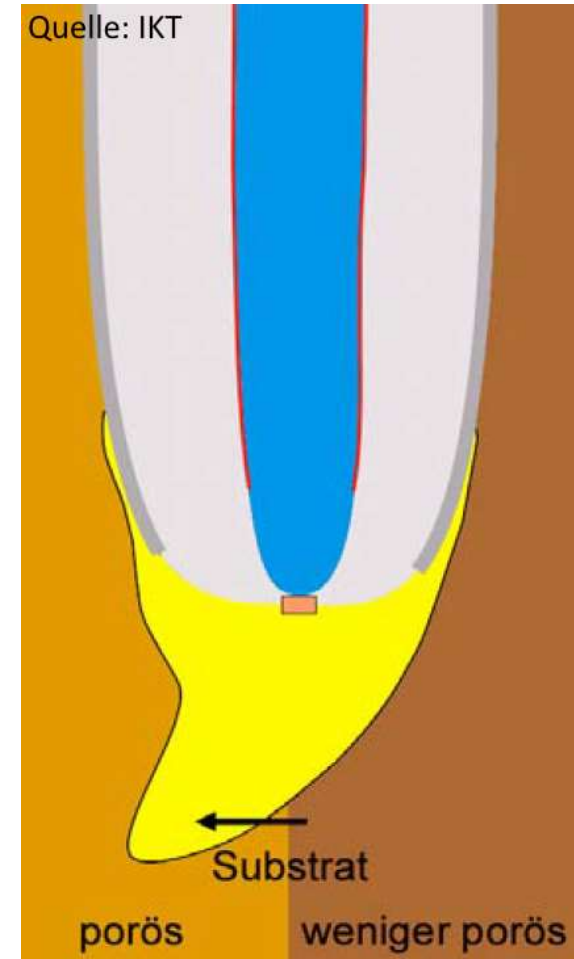


Wozu dienen Wurzeln ?

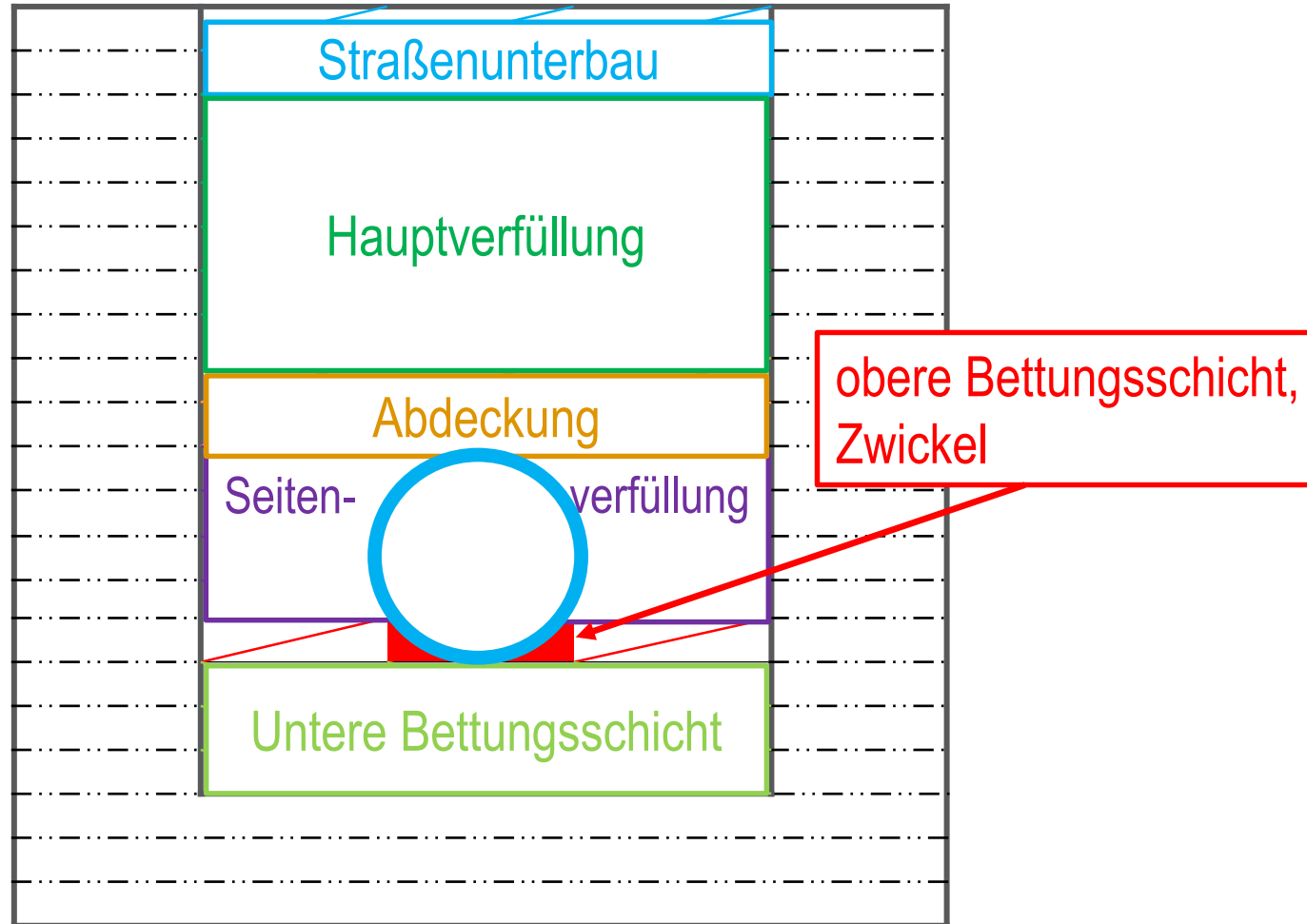
- zur Aufnahme von Nährstoffen & Wasser
- zur Aufnahme von Sauerstoff
- zur Sicherung der Standfestigkeit



Wie finden Wurzeln ihren Weg?



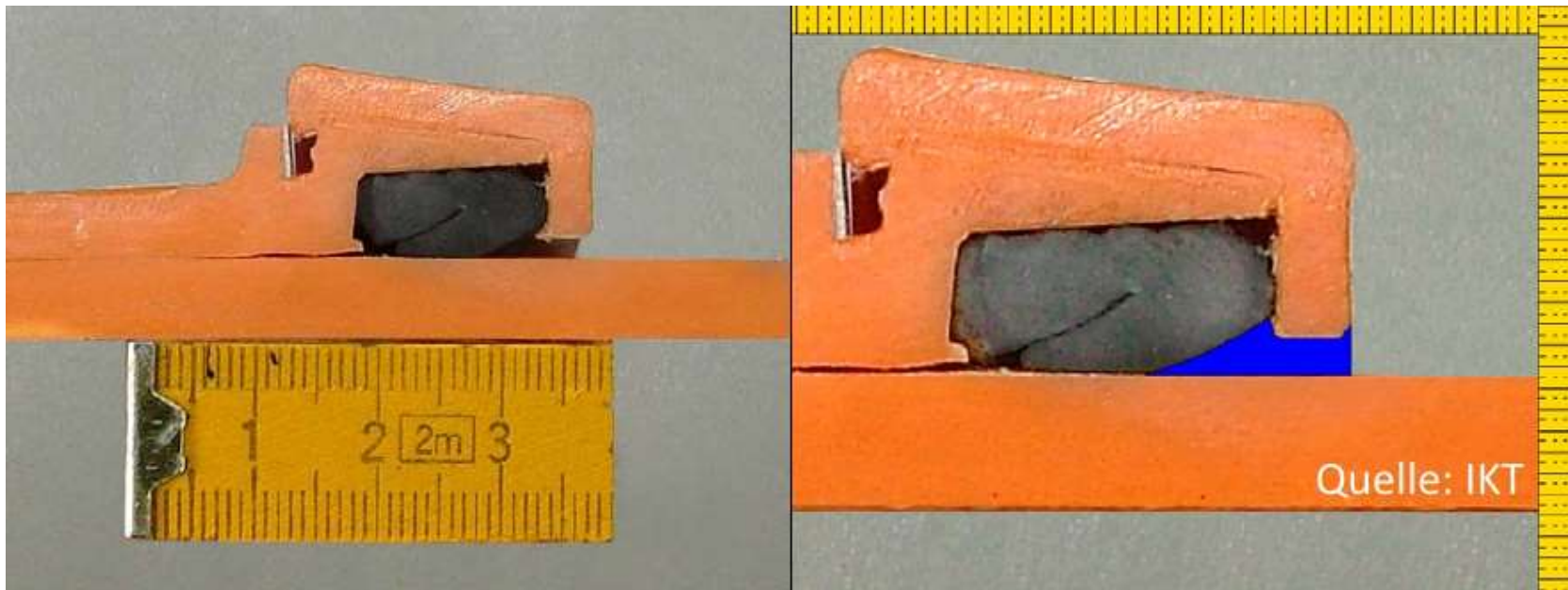
Warum sind Gräben für Wurzeln interessant?



[21]

Der Weg der Wurzeln

- Ringspalt bzw. Ringraum können Platz für Wurzeln bieten
- Luft und lockeres Substrat führen zu Wurzelausbreitung
- enge Spaltmaße und hohe Verpressung der Dichtung hindern Wurzelausbreitung



[21]

Ringspalt und Ringraum

		Ringspalt [mm]	Ringraum [mm ²]
PP	REHAU AG & Co. SN 10 – DN/ OD 160	0,7	14
	Gebr. Ostendorf GmbH & Co. KG KG 2000 – DN 150	1,2	54
Steinzeug	Euroceramic GmbH Eurotop – DN 150 – unglasiert	6,1	26
	Deutsche Steinzeug GmbH Cerafix – DN150 – glasiert	11,7	117

[22, IKT Fachbericht]



Sicheres Dichtsystem

- enge Fertigungstoleranzen – passgenau
- Safety Lock – sicherer Sitz der Dichtung
- kein versehentliches Herausschieben
- nachgewiesene Dichtheit bis 2,5 bar
bei Verformung und Abwicklung
- hohe Verpressung



Schweißsysteme aus PP



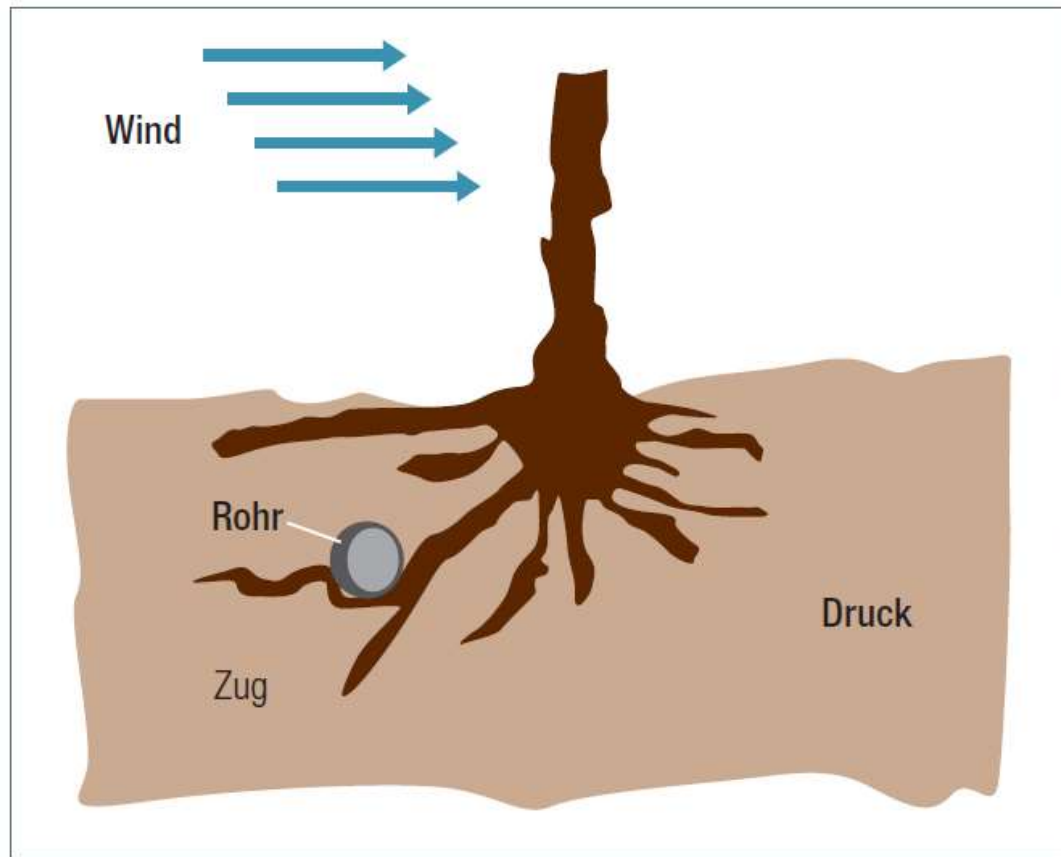
Belastungen durch Wurzeln für das Kanalsystem



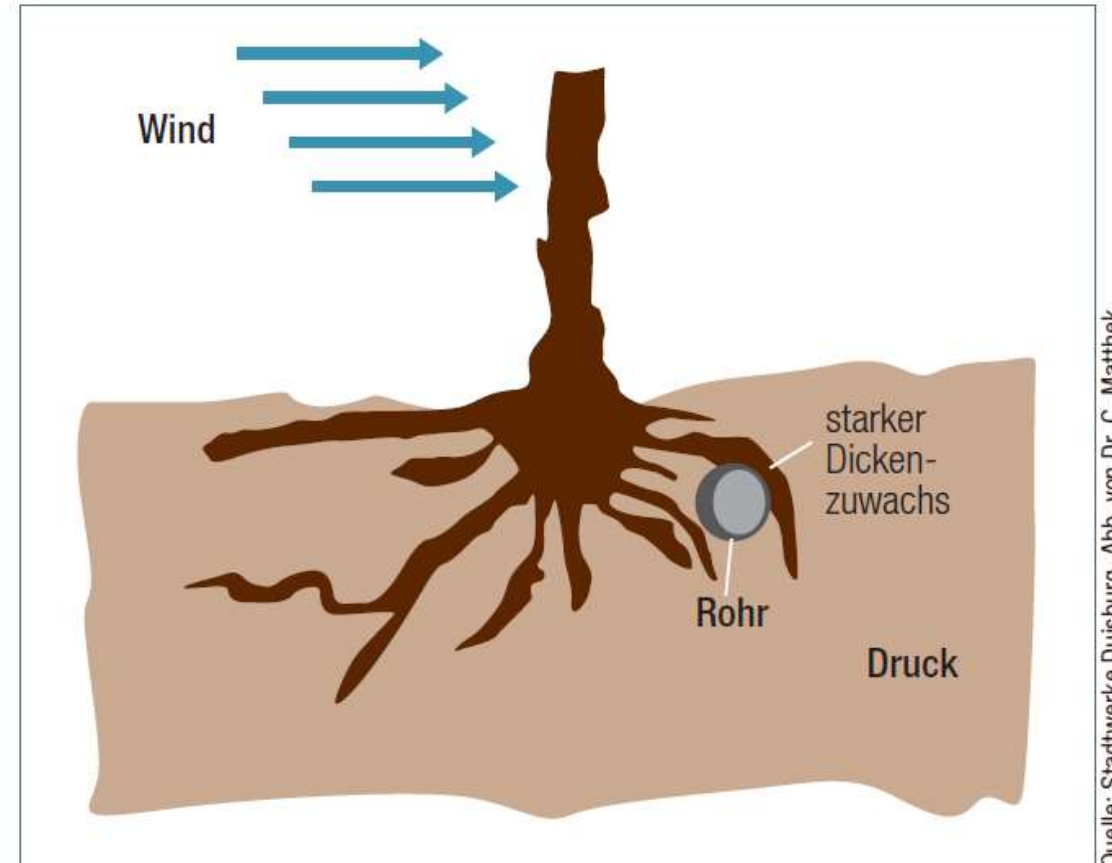
Quelle: IKT

- Evtl. Druck auf die Dichtung
- Druckstempel
- Zugschlingen
- dynamische Belastungen
- statische Belastungen

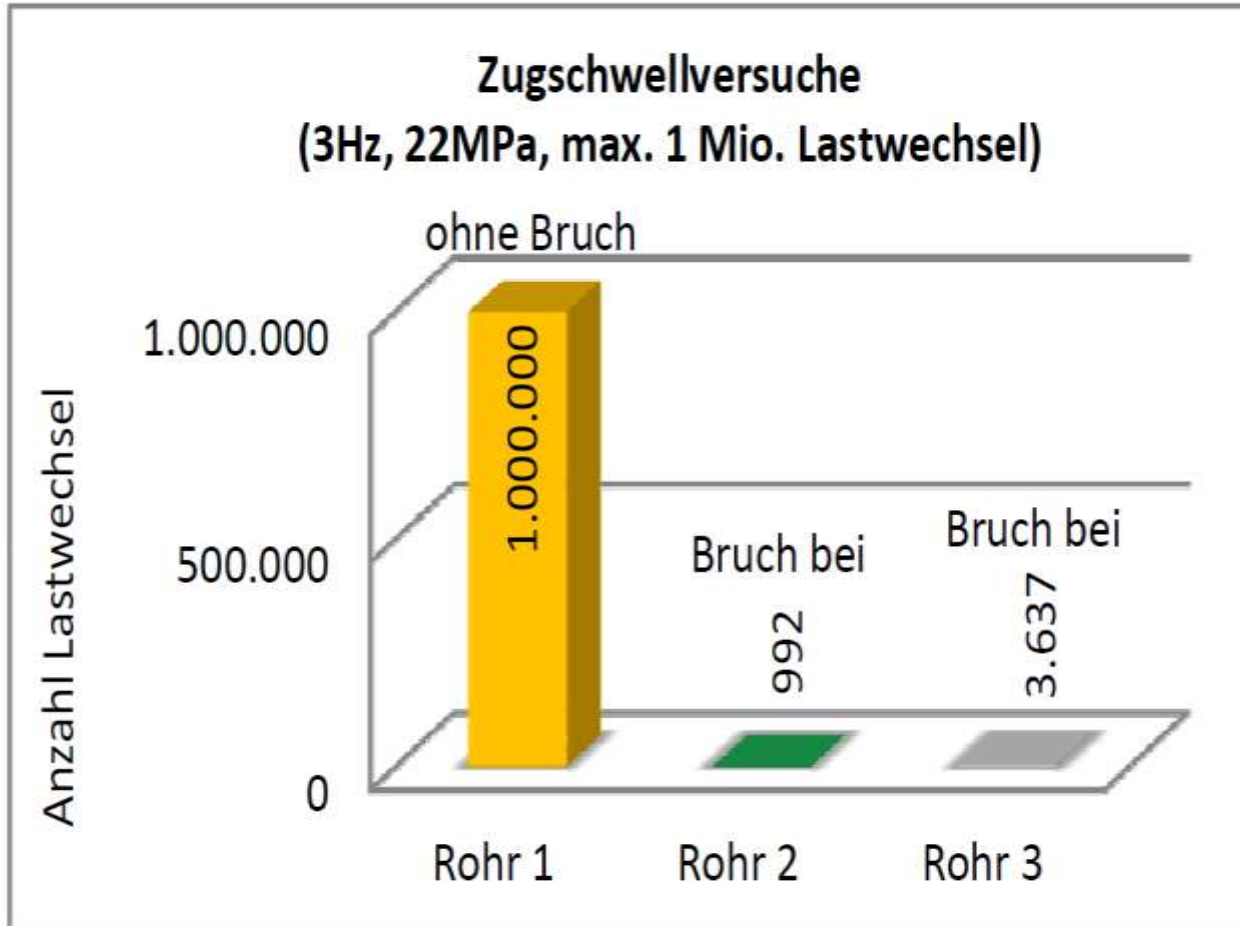
... noch mehr dynamische Belastungen für das Kanalsystem



Zugschlinge



Druckstempel



- **Rohr 1:** Einschichtiges, ungefülltes Polypropylenrohr nach DIN EN 1852-1
- **Rohr 2:** Einschichtiges, mit ca. 40 % Kreide gefülltes Polypropylenrohr nach DIN EN 14758-1
- **Rohr 3:** Drei-Schichtrohr, Mittelschicht mit ca. 40%, Außenschicht mit ca. 20 % gefüllt (im Wesentlichen Kreide/Talkum), gemäß allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung

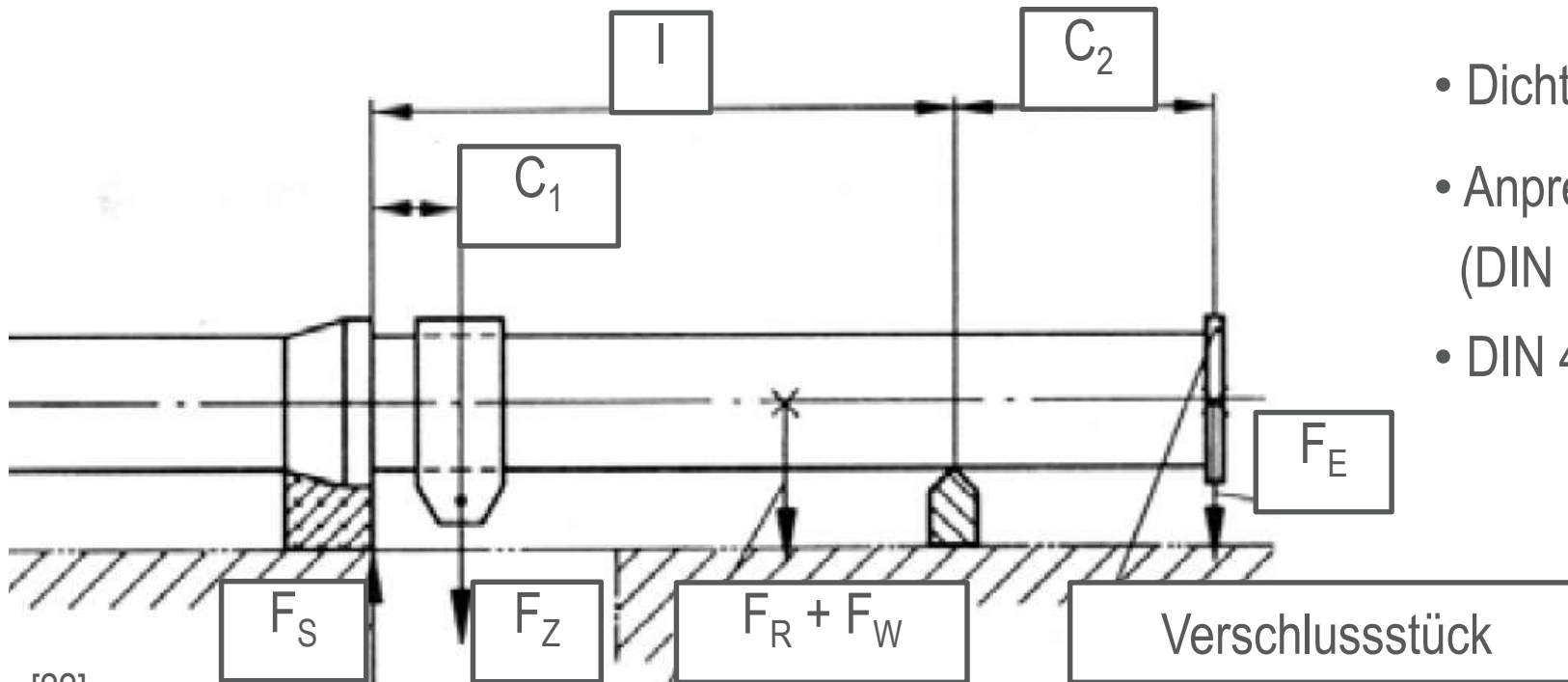
Wann gilt ein System als wurzelfest?



Normative Anforderungen und Prüfungen

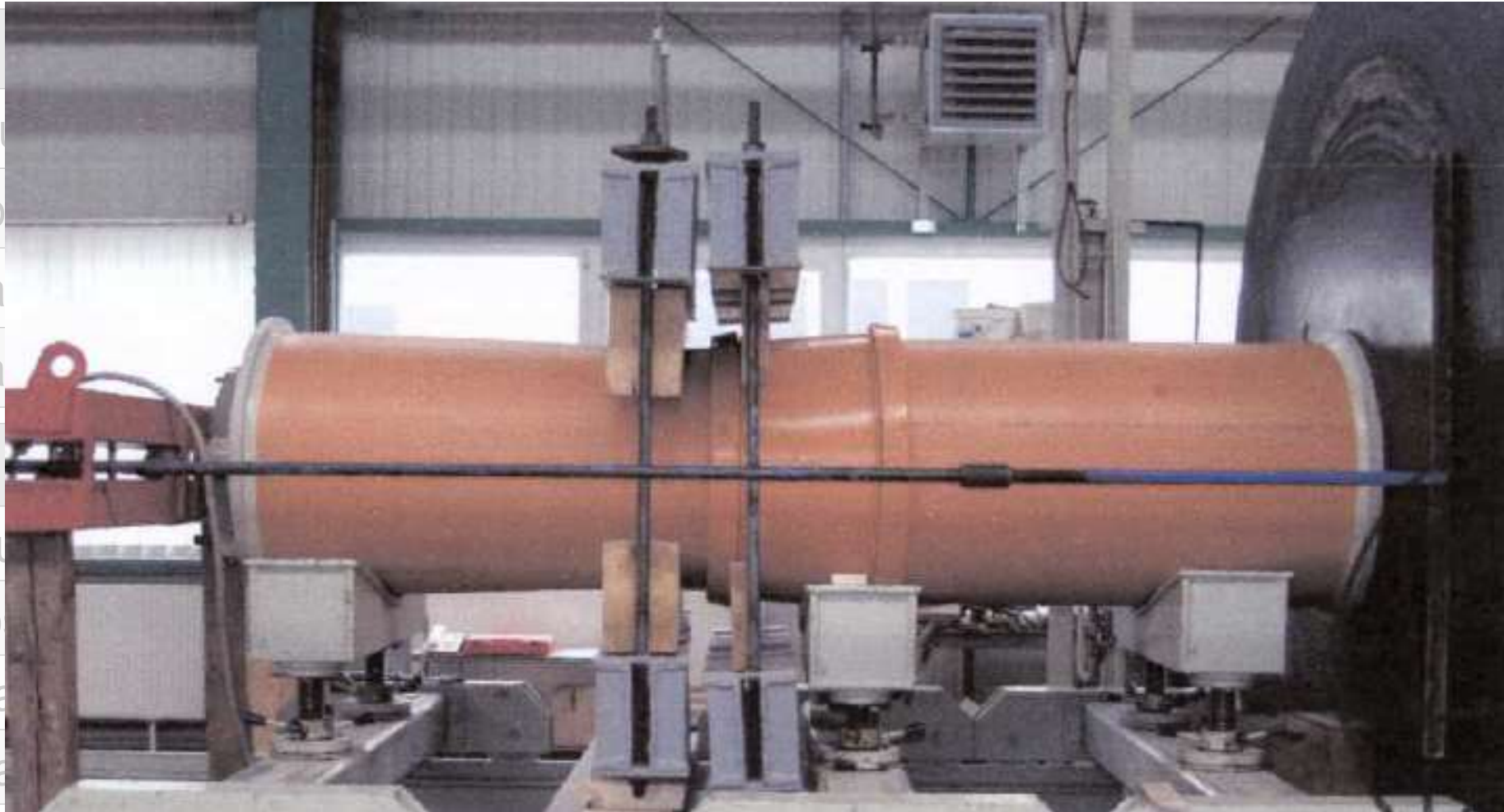
Anforderungen in Deutschland

- Dichtheit bei Einwirkung einer Scherlast
- Anpressdruck von mindestens **1,5 bar** (DIN EN 1916)
- DIN 4060 (Scherlast $10 \cdot DN$, 0,5 bar, 15 min)



[22]

Verformung und Abwinklung an Muffe und Rohr



partielles Vakuum
niedriger hydrostatischer Druck
hoher hydrostatischer Druck
hoher hydrostatischer Druck

partielles Vakuum
niedriger hydrostatischer Druck
hoher hydrostatischer Druck
hoher hydrostatischer Druck

Verbindung dicht
Verbindung dicht
Verbindung dicht
Verbindung dicht

Verbindung dicht
Verbindung dicht
Verbindung dicht
Verbindung dicht

Verformung und Abwinklung an Muffe und Rohr


Verformung, $b_1 = 100 \text{ mm}$, $b_2 = 60 \text{ mm}$. $L_1 = 1000 \text{ mm}$, Muffe 5 %, Rohr 10 %

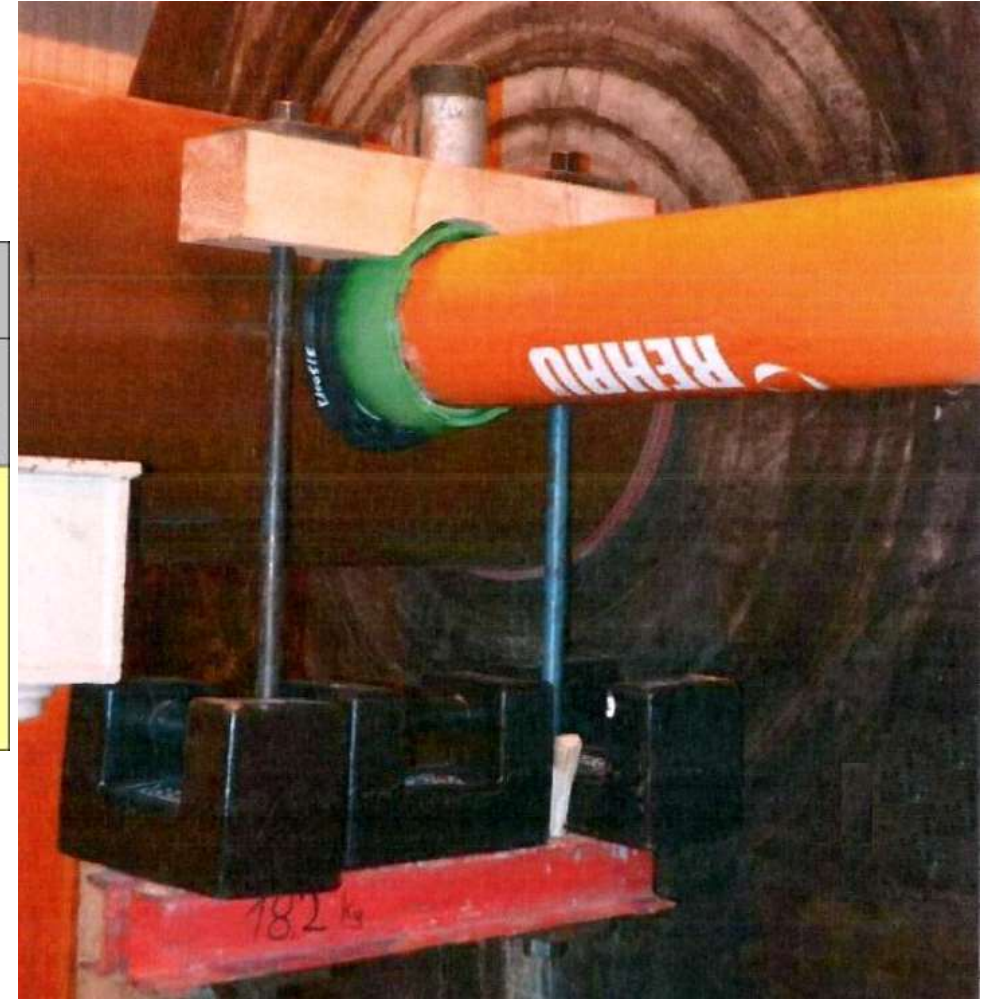
partielles Vakuum	-0,5 bar	15 min	Verlust 0 % < 10 %, Verbindung dicht
niedriger hydrostatischer Innendruck	0,05 bar	15 min	Verbindung dicht
hoher hydrostatischer Innendruck	0,5 bar	15 min	Verbindung dicht
hoher hydrostatischer Innendruck	2,5 bar	15 min	Verbindung dicht

Abwinklung, $\alpha = 1,5^\circ$, $\beta = 0,5^\circ$, Summe Abwinklung 2°

partielles Vakuum	-0,5 bar	15 min	Verlust 0,6 % < 10 %, Verbindung dicht
niedriger hydrostatischer Innendruck	0,05 bar	15 min	Verbindung dicht
hoher hydro-statischer Innendruck	0,5 bar	15 min	Verbindung dicht
hoher hydro-statischer Innendruck	2,5 bar	15 min	Verbindung dicht

AWADOCK

Hersteller	Modell	Systemprüfung (Gewichtung: 85%)	Stützen eingebaut in Kanäle aus:	Anschluss von Leitungen aus:	Dichtheit nach Einbau*	Dichtheit nach Belastungen**				
						nach HD- Reinigung	nach Ketten- schleuder	nach Abwinklung	nach Scherlast	nach Schwefel- säure- befüllung
REHAU AG+Co	Awadock- Anschlussystem  50 / 4260	sehr gut (1,0)	Beton DN 400	PVC DN 150	++	+	+	+	+	+



Normative Anforderungen und Prüfungen

Anforderungen in Australien

- Anpressdruckfläche von $7 \text{ mm}^2/\text{mm}$
- Anpressdruck von mindestens **5,5 bar** (AS/NZS 1260)
- AS NZS 1462.13 (3 - 8 bar, $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, 5 min – 5 h)

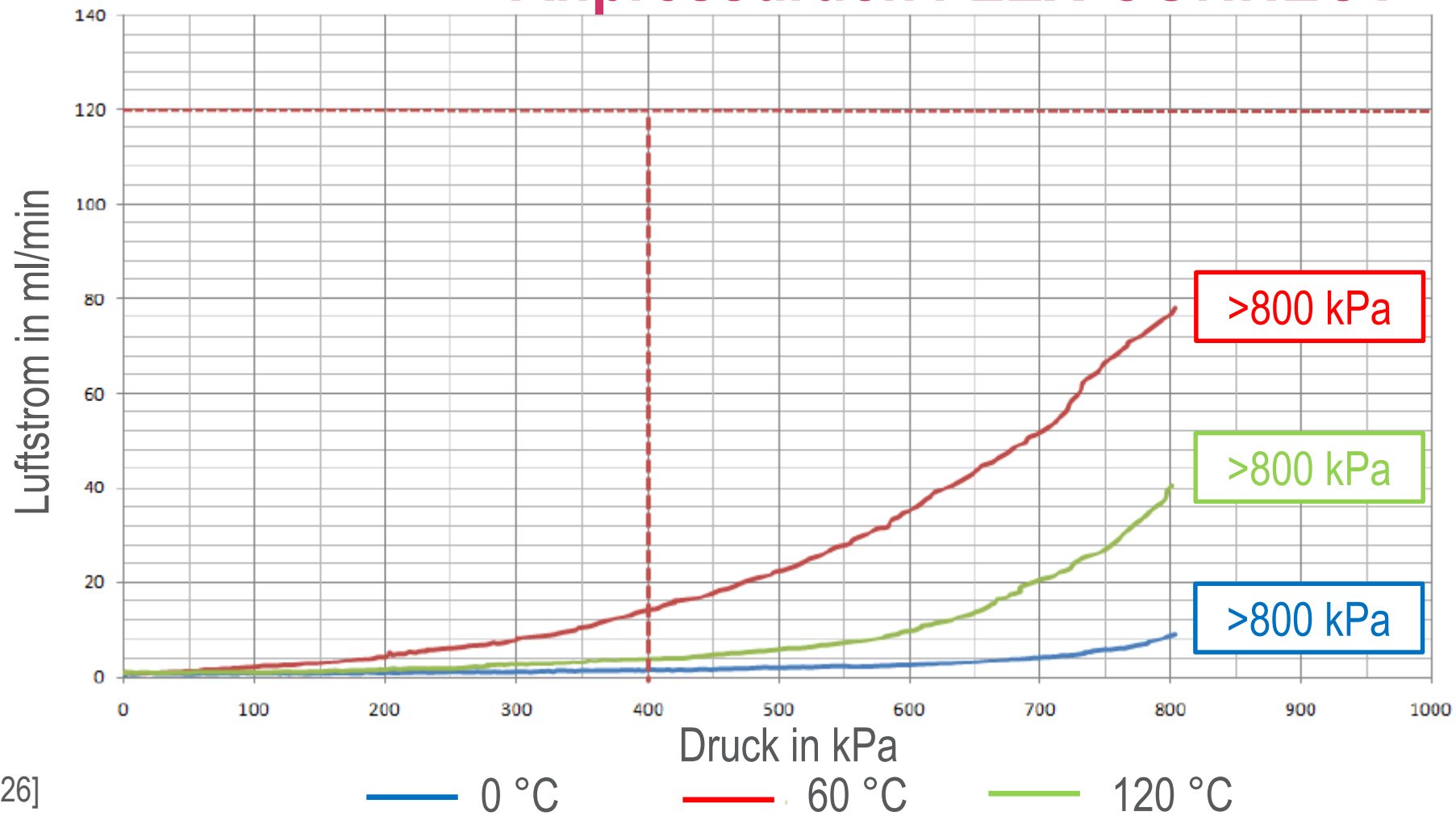


Anpressdruck von Rohr, Formteil und Anschluss

		Anpressdruck [bar] ohne Scherlast	Anpressdruck [bar] mit Scherlast
PP	REHAU AG & Co. SN 10 – DN/ OD 160	6,5	6,3
	Gebr. Ostendorf GmbH & Co. KG KG-2000 – DN 150	4,7	3,2
Steinzeug	Deutsche Steinzeug GmbH Cerafix – DN150 – glasiert	3,0	0,2
	Euroceramic GmbH Eurotop – DN 150 – unglasiert	2,5	2,0

[22, IKT Fachbericht]

Anpressdruck FLEX-CONNECT



[26]



[26]



... da wird`s eng im Untergrund !

... Bürger fordern städtisches Grün... für mehr Lebensqualität...

Wie lässt sich vermeiden, dass Wurzeln in die Baugrube bzw. in das Rohr wachsen?

Abstand - Ziel mindestens 2,5m Abstand zwischen Stamm und Leitung (kommt aber aus der Mode bzw. ist selten möglich)

Rohre mit möglichst widerstandsfähigen Dichtungen gegen Wurzeleinwuchs verwenden
(Voraussetzung: fachgerechte Verlegung)

Die richtigen Bäume pflanzen

Heimische Baumarten wie z.B. Buche, Weide oder Birke nehmen zwar die Leitungsgräben auch an,
„benutzen“ gegenüber Platane, Ahorn, Linde, Kastanie und Zeder die Rohrleitung nicht als zusätzliche Verankerungspunkte*

Wie lässt sich vermeiden, dass Wurzeln in die Baugrube / Rohr wachsen

Aktive Schutzmaßnahmen:

in der Nähe des Baumbestandes

Pflanzgruben, Wurzelgräben, Bodenbelüftung, Trennelemente

Passive Schutzmaßnahmen:

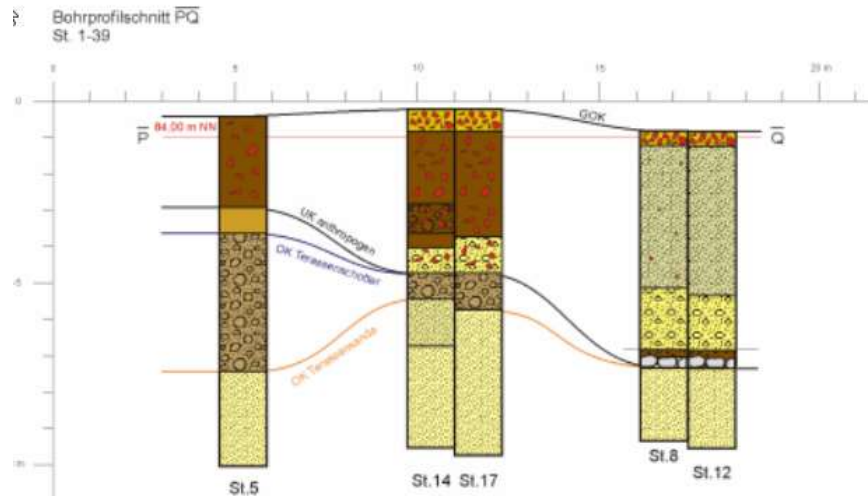
in der Nähe der Leitung

wurzelfeste Rohrverbindungen, Schutzrohre, Platten, Folien, porenarme Verfüllbaustoffe, wie z.B. Flüssigboden

weitere Informationen siehe auch Merkblatt [DWA-M 162](#) „Bäume, unterirdische Leitungen und Kanäle“ 02/2013

Vorteile / Eigenschaften von Flüssigböden

- Flüssigboden kann aus nahezu jeder Art von Boden hergestellt werden, egal ob sandig, tonig, humin belastet, steinig ... (es ist oft sinnvoll unterschiedliche Böden durch mischen zu homogenisieren)
- Flüssigboden reagiert nicht in der Art bekannter hydraulischer Materialien mit starren Zementsteinstrukturen, da er auf der Basis mineralogischer Prozesse Wasser dauerhaft bindet und auf diesem Wege verfestigt, was ihm erst die vorgenannten Möglichkeiten gibt



Vorteile / Eigenschaften von Flüssigböden

Erhaltung wichtiger Eigenschaften des Aushubbodens möglich

- verhält sich bauphysikalisch vergleichbar mit dem Umgebungsboden
- gleiches Konsolidierungsverhalten
- gleiche Tragfähigkeit
- keine Differenzsetzungen
- daher keine Risse in der Straße
- Vermeidung von „Fremdkörpern“ im Boden

Gezielte **Veränderung** von Eigenschaften ebenfalls möglich

- Elastizitätsverhalten
- Biege- und Längszugfestigkeit
- Scherfestigkeit
- Kohäsion
- Schwingungsdämpfung
- Dichte
- Wasserdurchlässigkeit
- Wärmespeicherung, Wärmeableitung, Wärmedämmung usw.

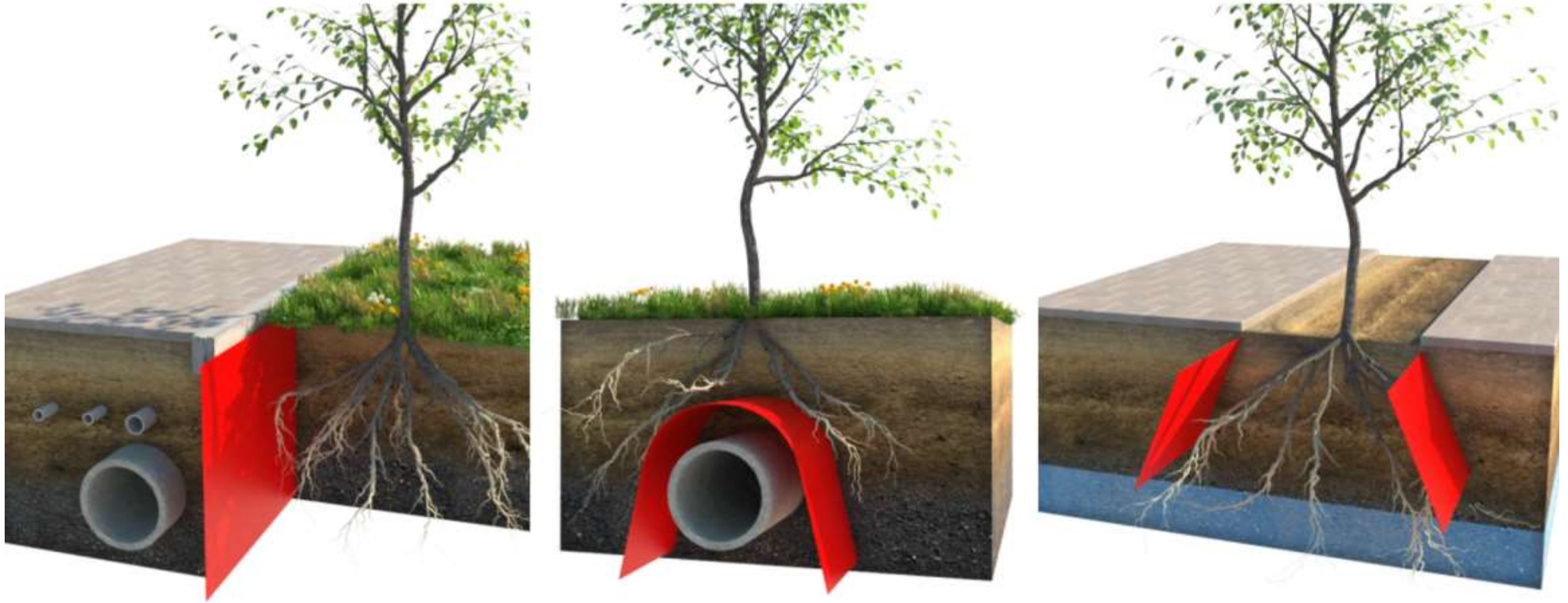


Wurzelschutzsysteme

- Wurzelwege rechtzeitig sperren oder in die richtige Richtung führen
- Schutz des Unterbaus von Wegen und Straßen
- Vorsicht bei umschließenden Wurzelsperren → Gefahr des sog. Blumentopfeffektes



Wurzelschutzsysteme



Rechtliche Aspekte

- jeder Baumeigentümer ist verantwortlich für die Verkehrssicherheit (umstürzende Bäume, herabfallende Äste und für Wurzeln)
- jeder Baumeigentümer haftet für Schäden im Untergrund durch Wurzeln im Garten des Nachbarn
- der Geschädigte hat *verschuldensunabhängige* Kostenerstattungs- oder Ausgleichsansprüche
- der Geschädigte kann mitverantwortlich sein, was wiederum zur Minderung seiner Ansprüche führen kann



Rechtliche Aspekte

- der Geschädigte ist nicht verpflichtet, Störungen und Schäden durch Wurzeleinwuchs zu dulden
- der Geschädigte hat hier zunächst Beseitigungsansprüche (Maßnahme der Beseitigung meist frei wählbar)



Rechtliche Aspekte

... vor Gericht und auf hoher See ...

Wer zahlt für Schäden durch WURZELEINWUCHS?

Bei einem privaten Baum haftet der Eigentümer. Wurzelschäden an einer privaten Leitung, die nachweislich durch einen öffentlichen Baum verursacht wurden, können in Lünen unter bestimmten Voraussetzungen ganz oder teilweise von der Kommune ersetzt werden. Dabei wird wie folgt unterschieden:

■ Der Schaden ist örtlich begrenzt und kann mittels eines Reparaturverfahrens behoben werden? Dann übernimmt die Stadt Lünen die Kosten zu 100 %.

■ Die Leitung soll oder kann nur in einem Abschnitt erneuert werden (zum Beispiel zwischen zwei Abzweigungen)? Dann stellt dieser Abschnitt ein Anlagevermögen dar. In diesem Fall wird zur Berechnung der Kostenteilung der altersbedingte Kostenteilungsschlüssel herangezogen, der von einer Lebenserwartung der Leitung von 80 Jahren ausgeht.

Ein Beispiel: Bei einer 40 Jahre alten Leitung muss in einem zusammenhängenden Abschnitt eine Erneuerung der Grundstücksanschlussleitung in offener Bauweise erfolgen. Die Kosten des Wurzelschadens werden zwischen der Stadt Lünen und dem Eigentümer mit jeweils 50 % des Rechnungswertes aufgeteilt.



Sanierung von Wurzelschäden: Ein Schlauchliner wird vom Hauptkanal aus eingezogen. Der Linner selbst ist wurzeldicht.

Quelle: SAL (Lünen)

Inhaltverzeichnis

- Zustand des Kanalnetzes in Deutschland
- Fremdwasser
- Schäden durch Korrosion
- Schäden durch Wurzeleinwuchs
- **Schachtsanierung**

Schachtsanierung



Schadensbilder von Mörtelbeschichtungen bei Sandkastenversuch



Risse nach Befeuchten



An Einbindung Bügel undicht



Feuchtfahnen nach 3 Wo.



Undichtigkeit Beschichtung

Schadensbilder von Polymerbeschichtungen bei Sandkastenversuch



Wassereindrang



Wasserblasen

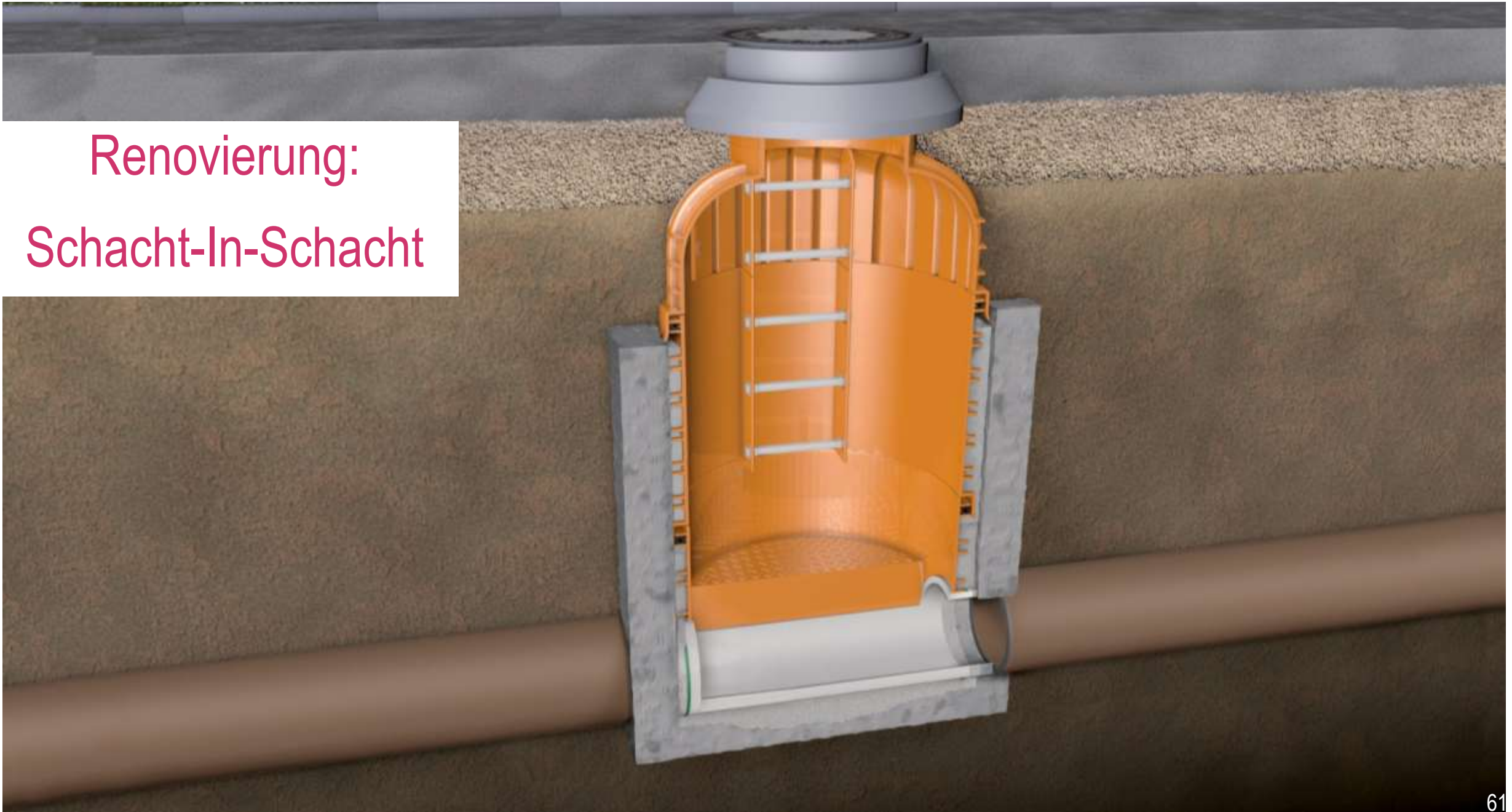


Unvollständige Beschichtung



Riss und Wassereindrang

Renovierung:
Schacht-In-Schacht

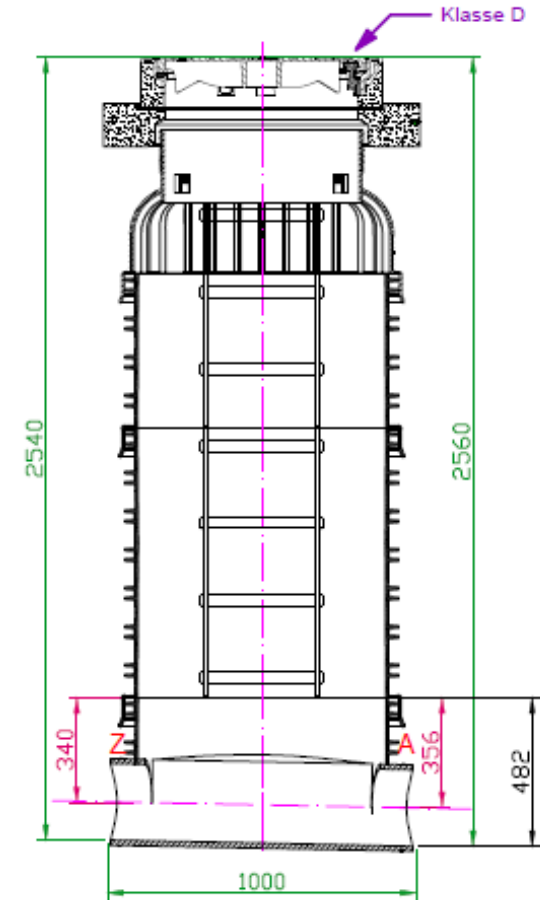


Einbaubedingung (u.a. Witterung)	Mörtel- beschichtung	Polymer- beschichtung	Schacht-in-Schacht	Neubau
Rel. Luftfeuchte	Keine Forderungen ⁽¹⁾	Bauteiltemperatur muss mind. 3K über Taupunkt liegen ⁽¹⁾ ?	Keine Forderungen	Keine Forderungen
Niederschlag	Kein Regen ⁽¹⁾ !	Kein Regen oder Nebelnässe ⁽¹⁾	Keine Forderungen	Keine Forderungen
Wind	Windstärke ≤ 3 Beaufort (entsprechend 5 m/s) ⁽¹⁾ !	Staub muss ferngehalten werden ⁽¹⁾	Keine Forderungen	Keine Forderungen
Sonne	Austrocknung durch Sonneneinstrahlung muss vermieden werden ⁽¹⁾ !	Keine Anforderungen ⁽¹⁾	Keine Forderungen	Keine Forderungen
Drückendes Grundwasser	Undichtigkeiten müssen beseitigt werden; trockene Oberfläche benötigt	Undichtigkeiten müssen beseitigt werden; trockene Oberfläche benötigt	Eindringendes Wasser kann abgepumpt bzw. sollte temporär abgedichtet werden	Wasserhaltung erforderlich, Grundwasserabsenkung
Kanal außer Betrieb	Theoretisch nicht, aber Feuchtigkeit! (o. Gerinnesanierung)	Theoretisch nicht, aber Feuchtigkeit! (o. Gerinnesanierung)	3-5 Stunden	Ev.mehrere Tage
Verkehrsbeeinträchtigung	Kleine, lokale Absperrung	Kleine, lokale Absperrung	Lokale Absperrung	Großflächige Absperrung

Vermessen des Altschachtes



Zeichnung erstellen
Schacht konfektionieren



Altschacht vorbereiten



Montieren der Dichtung und
Ablassen des Unterteiles



Einstecken d. Absperrblasen
fixieren des Schachtunterteiles



Ringraum des Schachtunterteiles
mit Spezialmörtel verfüllen



Aushärten des Mörtels abwarten
und nächsten Schachtring aufsetzen
(Absperrrblasen könnten bereits gezogen werden)



Dichter Übergang zw. neuem Schacht und Altrohr



Absperrblasen ziehen



Aufbau herstellen





Kanalnetzplanungssoftware

Eine von REHAU entwickelte Software ermöglicht Freispiegelabwassersysteme zu planen und hydraulische Berechnungen durchzuführen, bis hin zum Erstellen von Lageplänen und Längsschnitten.



Rohrstatik

Unsere technischen Spezialisten rechnen für Ihren Anwendungsfall Rohrstatiken nach ATV-DVWK A 127-kostenlos.



Rohrleitungsdimensionierung

Unsere technischen Spezialisten rechnen für Ihren Anwendungsfall die hydraulische Dimensionierung von Kunststofffreispiegelleitungen nach DWA A 110 und DIN EN 752.



Wirtschaftlichkeitsberechnung

Nachhaltigkeit rechnet sich. Wir zeigen Ihnen wie. Mit dynamischen Kostenvergleichsrechnungen nach LWA/DWA unterstützen wir Sie dabei, die richtigen Entscheidungen zu treffen.



CAD-Planungsunterstützung

Für die Bauausführung erhalten Sie für jedes Rohr und Formteil eine Zeichnung.



Ausschreibungstexte

Damit Sie auch das Produkt bekommen, das Sie möchten, unterstützen wir Sie mit detaillierten Ausschreibungstexten in Word und Gaeb-Format. (www.rehau.de und www.ausschreiben.de)



Technische Downloads

Wir bieten Ihnen Formulare zur Rohrstatikberechnung und hydraulischen Bemessung sowie Prüfprotokolle und Montage-, Einbau- und Verlegungsanleitungen zum Download an: www.rehau.de/tiefbau



Baustelleneinweisung

Wir kommen zu Ihnen auf die Baustelle und weisen Sie und Ihre Kollegen in unsere Produkte qualifiziert ein.



Technischer Support

Wir beraten Sie persönlich am Telefon und vor Ort. Vereinbaren Sie mit einem unserer Spezialisten einen Termin. Er unterstützt Sie, Ihre Projektherausforderung zu lösen.



10 Jahre Garantie

Wir sind von unseren Produktlösungen überzeugt. Deshalb bieten wir Ihnen weit mehr als die gesetzlich vorgeschriebenen Garantieleistungen an. 10 Jahre Garantie inkl. Ein- und Ausbaukosten gem. Garantiekunde.



Qualitätssicherung durch Eigen- und Fremdüberwachung

Unser Kanalprogramm lassen wir regelmäßig von unabhängigen Instituten testen und überwachen.



VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

Welche Fragendürfen wir Ihnen noch beantworten?

Quellenverzeichnis

- [1] Quelle: http://www.chiemgau-tourismus.de/data/mediadb/cms_pictures/%7Bbf9e3c5b-f3ce-1eed-364d-4b5ec85845ab%7D.jpeg
- [2] Quelle: http://www.almayo.de/sub_domains/bh-chiemsee/wp-content/uploads/2014/05/inFO_Fraueninsel-groesser.jpg
- [3] Quelle: https://de.dwa.de/tl_files/_media/content/PDFs/Abteilung_AuG/Zustand-der-Kanalisation-in-Deutschland-2009.pdf
- [4] Quelle: http://www.dwa-nrw.de/tl_files/_media/content/PDFs/LV_Nordrhein-Westfalen/Bildreferenzkatalog-Stand-2014.pdf
- [5] Quelle: <https://www.friatec.de/content/friatec/de/Technische-Kunststoffe/FRIAFIT-Abwassersystem/Downloads/downloads/Kurzbericht-Wurzeleinwuchs-in-Abwasserleitg-u-Kanaele.pdf>
- [6] Quelle: <http://thumbs.dreamstime.com/x/klempner-der-ein-rohr-mit-kanal-band-repariert-18170885.jpg>
- [7] Quelle: <http://abwasser-technik-sued.de/files/inliner-beispielbild.jpg>
- [8] Quelle: http://www.ikt.de/website/newsletter/2002/06_02/connex2gross.jpg
- [9] Quelle: <http://www.ikt.de/website/down/f0085kurzbericht.pdf>
- [10] Quelle: <http://www.ikt.de/website/down/f0085kurzbericht.pdf>
- [11] Quelle: <http://www.kanalreinigung-gramsch.de/files/pages/tv-untersuchung-wurzel.png>
- [12] Quelle: <http://www.unitracc.de/aktuelles/news/schachtrenovierung-ks-ass-hat-sich-bewaehrt>, <http://www.ikt.de/website/schachtsanierung/bilder/klein/katalog25.jpg>
- [13] Quelle: http://www.lbrk.de/files/cto_layout/img/bilder/schadensursache_korrosion/Korrosion%20Titelbild.JPG

Quellenverzeichnis

[14] Quelle: <http://www.unitracc.de/mediathek/structure/in/sb/inkrustiertes-rohr-fi-heitkb>

[15] Quelle: <http://www.baulinks.de/webplugin/2014/i/1258-rehau2.jpg>

[16] Quelle: http://www.ruhrverband.de/uploads/pics/eb_3_fremdwasser_g_01.jpg

[17] Quelle: http://www.ruhrverband.de/uploads/pics/fremdwasser_bild1_g.jpg

[18] Quelle: <http://www.fremdwasser-nrw.de/image2big.jpg>

[19] Quelle: <https://www.ikt.de/down/p02374.pdf>

[20] Quelle: http://www.this-magazin.de/imgs/55907746_1ccbb15663.jpg

[21] Quelle: <http://www.ikt.de/website/down/f0160kurzbericht.pdf>

[22] Quelle: <http://www.ikt.de/website/down/f0160langbericht.pdf>

[23] Quelle: Eigene Wurzelstrecke

[24] Quelle: http://www.dwa-nrw.de/tl_files/media/content/PDFs/LV_Nordrhein-Westfalen/Bildreferenzkatalog-Stand-2014.pdf

[25] Quelle: http://www.kanaltechnik-ungerechts.de/uploads/pics/Rohr-4_01.jpg

[26] Quelle: Festigkeitsanalysen und Energietechnik – F + E – Ing. GmbH – Test Report FE K 13059H111 – 11.11.2013

Quellenverzeichnis

- [27] Quelle: http://www.erdrakete.de/bilder_cms/seiten_ausgabe/484da5fd3958a3e657d3fb29406b20a2.jpg
- [28] Quelle: http://www.erdrakete.de/bilder_cms/seiten_ausgabe/dec7033a57ecaa71d7070f9037c7ae60.jpg
- [29] Quelle: <http://www.rke-koenig.de/typo3temp/pics/45b05207ef.jpg>
- [30] Quelle: <http://www.ikt.de/website/gew2011/thoma.pdf>
- [31] Quelle: http://www.fbsrohre.de/rohrwerkstoffauswahl/expertisen_pdf/korrosionsbestaendigkeit.pdf, Abruf vom 15.08.2013
- [32] Quelle: <http://www.rp-online.de/nrw/staedte/hilden/ratten-geht-es-an-den-pelz-aid-1.2940740>, abgerufen am 08.01.2016
- [33] Quelle: http://www.lbrk.de/files/cto_layout/img/bilder/schadensursache_korrosion/Korrosion%20guss.JPG, abgerufen am 13.01.2016
- [34] Quelle: https://www.dvgw.de/fileadmin/regelwerk/ewp_artikel/gw125.pdf, abgerufen am 13.01.2016
- [35] Quelle: RWE-Magazin 06/2006 (verändert)
- [36] Quelle: <http://www.ardo-kanaltechnik.de/leistungen/schachtsanierung.html>, abgerufen am 14.01.2016
- [37]Quelle: <http://www.boger-kanalsanierung.de/wp-content/uploads/498/leistungen/schacht-sani1.jpg>, abgerufen am 14.01.2016
- [38] Quelle: <http://www.ikt.de/website/newsletter/2005/07/abwas04b.jpg>, abgerufen am 14.01.2016