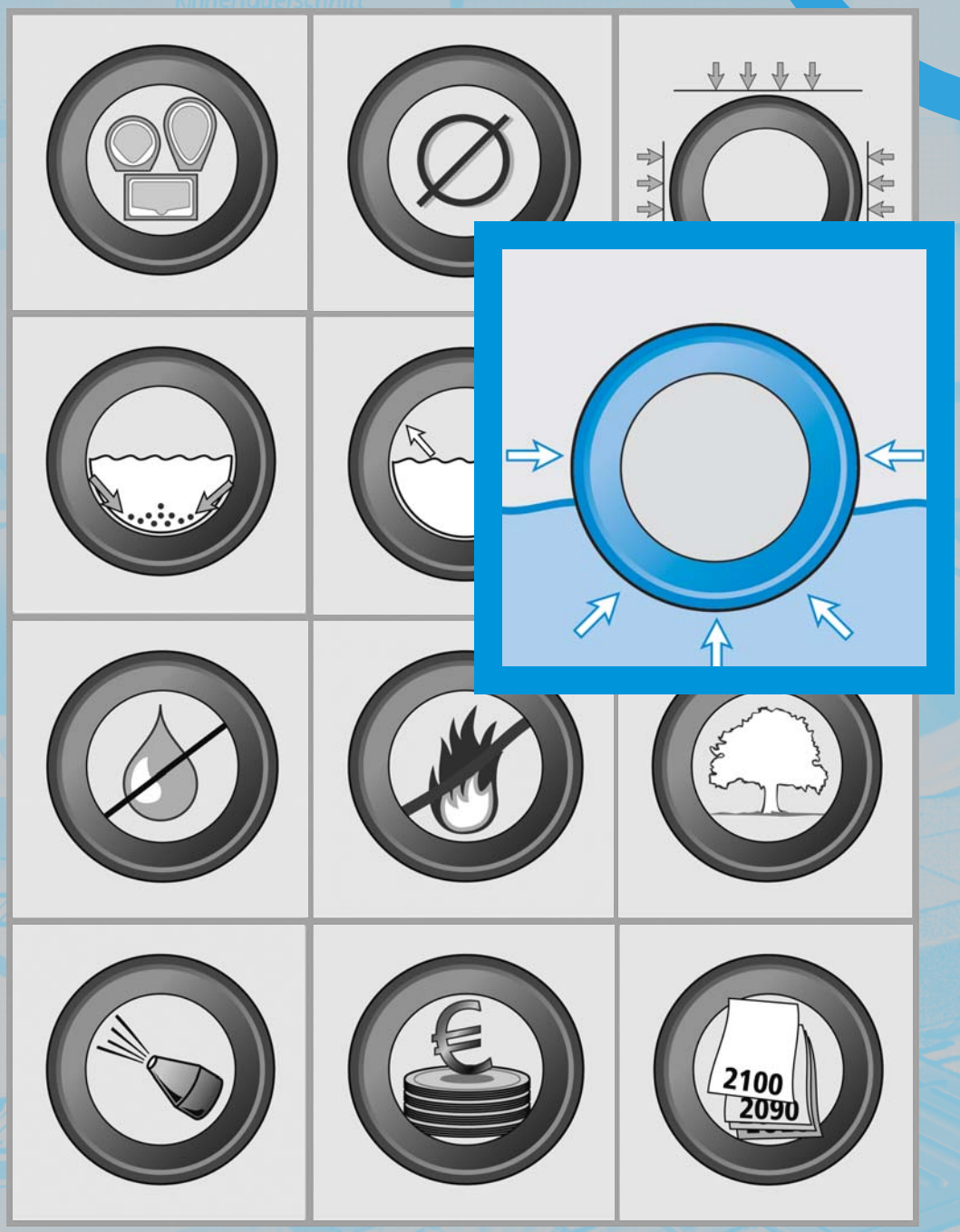
Rohrwerkstoffauswahl – ein Vergleich

Stand 2007

Ausgabe 7/12

LAGESTABILITÄT/ AUFTRIEBSSICHERHEIT



LEITFADEN FÜR PLANER, BAUHERREN UND AUSFÜHRENDE

WWW.ROHRWERKSTOFFAUSWAHL.DE

Lagestabilität / Auftriebssicherheit oder: „Beton- und Stahlbetonrohre sind nicht so leicht aus der Ruhe zu bringen“

1 Einführung in das Thema

Beim Bau von Abwasserleitungen und -kanälen müssen hohe Ansprüche an die Einhaltung der vorgegebenen in der Regel relativ geringen Gefälle gestellt werden, um die ständige Betriebsbereitschaft und -fähigkeit des gesamten Systems zu sichern. Bereits geringe Unterschreitungen des geforderten Gefälles führen zu signifikanten Verlusten der hydraulischen Leistung. Wird im Extremfall die zur Mobilisierung der festen Abwasserinhaltsstoffe erforderliche Mindestfließgeschwindigkeit unterschritten, bilden sich Ablagerungen mit der Folge unter anderem von Geruchsbelästigungen. Bei zu großem Gefälle können sich Probleme bei den Anschlüssen an bestehende Kanäle und den jeweiligen Zuleitungen ergeben.

Folgen von Lage- und Gefälleabweichungen sind z. B.:

- Verlust der Funktionsfähigkeit durch Gegengefälle (z. B. Unterbogen)
- Erhöhung des Wartungsaufwandes (z. B. Reinigung)
- Abreißen von Anschlussleitungen
- Undichtigkeiten / Infiltration
- Abflusshindernisse
- Risse / Brüche
- Rohrbruch.

In den weitaus meisten Fällen resultieren Lage- und Gefälleabweichungen aus Fehlern, die bereits in der Bauphase begangen wurden. Hierbei werden häufig die Vorschriften für eine lage- und höhengerechte Verlegung der Rohrleitung nach DIN EN 1610 [1] bzw. ATV-DVWK-A 139 [2] für die offene sowie DIN EN 12889 [3] und ATV-A 125 [4] für die geschlossene Bauweise nicht ausreichend beachtet.

Weitere Ursachen sind unter anderem hydrogeologische Veränderungen, Belastungsänderungen, Setzungen, Bergsenkungen und Erdbeben sowie Folgen von Undichtigkeiten im Laufe der Nutzungsdauer.

Letztlich führen Lage- und Gefälleabweichungen immer zu Mehrkosten für den Betreiber und zwar durch erhöhten Reinigungsaufwand, reduzierte hydraulische Leistung und eingeschränkte Nutzungsdauer bzw. – im Fall zu großer Gefälle – unter Umständen zu einem zusätzlichen Aufwand für die Abwasserhebung. Da also die Einhaltung der geforderten Lage- und Gefälleverhältnisse von großer betrieblicher Bedeutung über die gesamte Nutzungsdauer ist, werden von einigen Betreibern und z. T. auch im Regelwerk zulässige Toleranzen festgelegt. Diese liegen bei wenigen Prozent der Nennweite! Wird während des Baus, bei der Bauabnahme oder im Rahmen der Gewährleistung eine Überschreitung dieser Werte festgestellt, drohen dem Auftragnehmer Wertminderungen seiner Leistungen, im Extremfall sogar die komplette Erneuerung der betreffenden Haltung.

Nachfolgend werden Lageabweichungen von in offener Bauweise verlegten Abwasserleitungen und -kanälen in Folge des Einflusses von Grundwasser beim Verlegen und Änderungen der hydrogeologischen Bedingungen während ihrer Nutzungsdauer im Hinblick auf den Auftrieb der Rohre bzw. der Rohrleitung betrachtet.

Wenn auch die Ursache von Lage- und Gefälleabweichungen in erster Linie ausführungsbedingt sind, unterscheiden sich die verschiedenen Rohrtypen bzw. Rohrwerkstoffe hinsichtlich ihrer Sensitivität.

2 Anfälligkeit der verschiedenen Rohre und Rohrwerkstoffe für Lage- und Gefälleabweichungen

Sieht man einmal von Bodenverformungen ab, die von außen eingeprägt werden, d. h. beispielsweise tektonische oder bergbauliche Ursachen haben, oder aber durch erhebliche Veränderungen der Auflasten bedingt sind, so lassen sich im wesentlichen zwei Ursachen für Lage- und Gefälleveränderungen ausmachen:

- Auftrieb durch Grund- oder Niederschlagswasser während oder nach Abschluss der Tiefbauarbeiten

Exkurs

*Als **Auftrieb** bezeichnet man eine Kraft, die eine Flüssigkeit oder ein Gas auf einen Körper ausübt. Der Auftrieb eines Körpers wird durch das Gesetz von Archimedes (um 300 v. Chr.) bestimmt. Er ist gleich der Gewichtskraft des durch den Körper verdrängten Stoffes. Im vorliegenden Anwendungsfall steht der Auftriebskraft des verdrängten Wasservolumens das Gewicht des Rohres bzw. der Rohrleitung entgegen.*

*Die **Auftriebssicherheit** wird durch das Verhältnis Gewichtskraft des Rohres bzw. der Rohrleitung zur Auftriebskraft ermittelt. Die erforderliche Auftriebssicherheit $\eta_{erf.}$ wird in der Regel mit einem Wert $\geq$ 1,1 erreicht, d. h. die auf das Rohr oder die Rohrleitung einwirkende Gewichtskraft muss mindestens 10 % größer als die einwirkende Auftriebskraft sein.*

- Bewegungen des Rohrstranges beim Herstellen und Verdichten der Seitenverfüllung.

Bild 1: Stahlbetonrohre bieten ein Plus an Sicherheit gegen Auftrieb auch bei großen Nennweiten und geringen Überdeckungshöhen (Emunds & Staudinger GmbH, Hückelhoven)

2.1 Auftriebssicherheit bei Grundwasser

➢ Einfluss des Grundwassers beim Verlegen

Für das Verlegen der Rohre in offener Bauweise muss unbedingt dafür gesorgt werden, dass der Leitungsgraben weitestgehend wasserfrei ist, um das genaue Ausrichten der Rohre und insbesondere einen korrekten Einbau von Bettung, Seitenverfüllung, Abdeckung und Hauptverfüllung zu ermöglichen (Bild 1). Bei stark durchlässigen Böden und hohem Grundwasserdruck sind Maßnahmen zur Vermeidung von Grundbrüchen oder Grundwassereinbrüchen im Leitungsgraben zu treffen. In Abhängigkeit der Grundwassersituation und des gewählten Verbaus sind folgende Maßnahmen möglich [5, 6]:

- Offene Wasserhaltung
- Grundwasserabsenkung
- Grundwassersperrung.

Trotz dieser Maßnahmen können Regen- oder Hochwasserereignisse, Wasserrohrbrüche im Einzugsbereich der Baustelle etc. zur Überflutung des Leitungsgrabens und zur Auslösung von Auftriebskräften auf die bereits verlegten und ausgerichteten, aber noch nicht überschütteten Rohre führen. In diesem Fall spielt die Auftriebssicherheit der Rohre und damit ihr Gewicht eine maßgebliche Rolle für ihre Lagestabilität, wenn nicht rechtzeitig Gegenmaßnahmen durch Ballastierung, z. B. durch Füllung der Rohrleitung mit Wasser oder durch Rückverankerung mittels Spanngurten auf einer Betonsohle getroffen werden. Einige Kunststoffrohrhersteller weisen ausdrücklich darauf hin.

Während Beton und Stahlbetonrohre zwischen 200 kg/m (DN 300) und 1000 kg/m (DN 800) wiegen, bringen Kunststoffrohre nach Herstellerangaben nicht mehr als 4 bis 10 % davon auf die Waage!

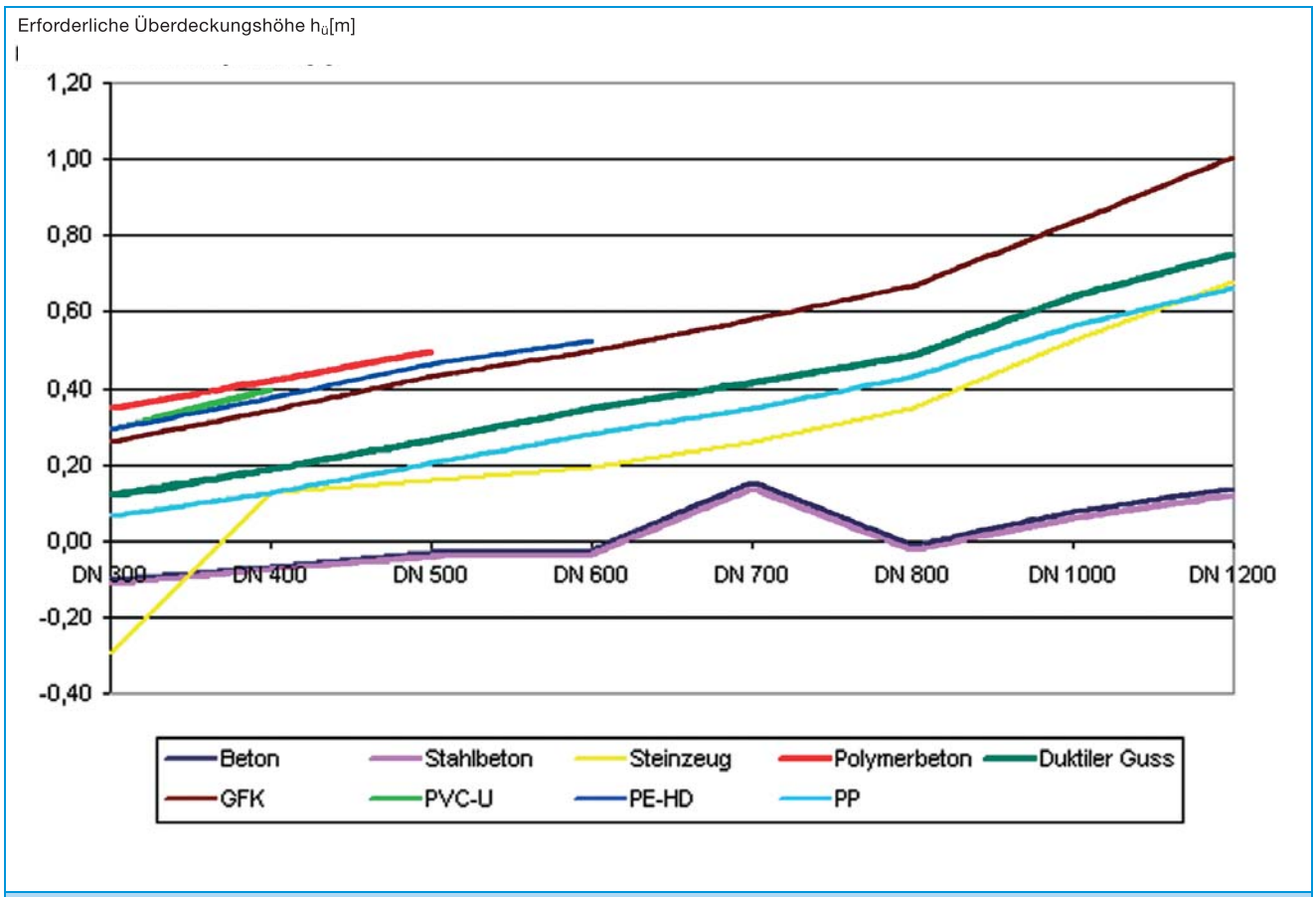


Bild 2 Erforderliche Überdeckungshöhe $h_ü$ [m] zur Auftriebssicherung von Rohren im Grundwasser in Abhängigkeit von Rohrwerkstoff und Rohrnennweite

➢ Änderungen der hydrogeologischen Bedingungen während der Nutzungsdauer

Bei Änderung der hydrogeologischen Bedingungen während der Nutzungsdauer eines verlegten Kanals in Form eines unvorhergesehenen Anstiegs des Grundwasserspiegels (z. B. Sanierung undichter Kanalnetzbereiche, Regen- oder Hochwasserereignisse) über Rohrscheitel müssen die Anforderungen bezüglich der Auftriebssicherheit erfüllt werden.

Im Bild 2 ist exemplarisch die erforderliche Überdeckungshöhe $h_ü$ für kreisförmige Rohre aus verschiedenen Werkstoffen in Abhängigkeit der Nennweite (für 300 ≤ DN/ID ≤ 1200) ermittelt worden. Hierbei wird die Gewichtskraft des Rohres nach Herstellerangaben und des über dem Rohr liegenden Bodens auf die Auftriebskraft bezogen: $\eta = \sum (G_{Rohr} + G_{Boden})/A$. Es ist anschaulich klar, dass die Auftriebssicherheit mit größer werdender Einbautiefe aufgrund des zunehmenden Gewichtsanteils des überdeckenden Bodens zunimmt. Die Mindestüberdeckung ergibt sich mit dem Sicherheitsfaktor η = 1,1 , d. h. wenn der Rohrstrang gerade vor Auftrieb sicher ist, also Gewicht von Rohr und Boden der Auftriebskraft multipliziert mit dem Sicherheitsfaktor 1,1 entspricht. Dabei wurde unter anderem von folgenden realistischen Annahmen ausgegangen:

- Die Höhe des Grundwasserspiegels ist gleich dem Niveau der Geländeoberfläche.
- Die Wichte des überlagernden Bodens im Grundwasser beträgt $\gamma_{B'}$ = 9 kN/m^3.
- Der Rohrstrang ist vollständig leer, d. h. es wird keine Ballastierung durch Teil- oder Vollfüllung angesetzt.

Die beispielhaften Kurven im Bild 2 zeigen, dass – unabhängig vom Rohrwerkstoff – die Auftriebsgefahr unter den gegebenen Randbedingungen tendenziell mit steigender Rohrnennweite zunimmt.

Auffällig ist der deutliche Einfluss des Rohrwerkstoffes auf die Lagestabilität und Auftriebssicherheit: Dabei weisen Beton-/Stahlbetonrohre aufgrund ihres hohen Eigengewichtes im Gegensatz zu den anderen Rohrwerkstoffen im hier betrachteten Nennweitenbereich die relativ größte Sicherheit gegen Auftrieb auf. Insbesondere Kunststoffrohre bedürfen hingegen einer 4- bis 8-fach höheren Erdüberdeckung, um eine vergleichbare Auftriebssicherheit wie für Beton- und Stahlbetonrohre zu gewährleisten! Rohre aus Beton oder Stahlbeton mit Nennweiten DN/ID 300 bis DN/ID 600 und 800 würden sogar ohne jegliche Erdüberdeckung allein aufgrund ihres Eigengewichtes eine ausreichende Auftriebssicherheit liefern, was ansonsten von keinem anderen Rohrtyp geleistet wird.

2.2 Verschiebungen während der Herstellung der Seitenverfüllung

Beim seitlichen Anfüllen des Bodens im Leitungsgraben zur Herstellung der Seitenverfüllung sowie bei dessen Verdichtung entstehen horizontal wirkende Erddrücke. Nach vielfachen Erfahrungen von Tiefbaufirmen lässt es sich insbesondere bei relativ leichten Rohren praktisch nicht vermeiden, dass sich die Rohre mehr oder weniger horizontal verschieben und dabei auch eine vertikale Lageveränderung erfahren. Bei biegeweichen Rohren sei zudem auch eine Querschnittsverformung nicht auszuschließen. Diese Erfahrungen werden auch durch Auswertungen von TV-Kamerabefahrungen im Rahmen der Bauabnahme bestätigt, bei denen häufig – insbesondere bei leichten profilierten Kunststoffrohren mit geringer Längssteifigkeit – ein girlandenförmiges Verziehen der Leitung in horizontaler und vertikaler Richtung festgestellt wurde. Auch wenn die eigentliche Ursache hierfür in erster Linie in einer Missachtung der entsprechenden Vorschriften bezüglich der lagenweisen Anschüttung und Bodenverdichtung mit leichten Verdichtungsgeräten zu nennen ist, muss dennoch festgestellt werden, dass leichte Rohre tendenziell sehr anfällig für derartige Probleme sind, während schwerere Beton- und Stahlbetonrohre sich nicht so leicht „aus der Ruhe“ bringen lassen.

3 Fazit

FBS-Beton- und Stahlbetonrohre besitzen, bedingt durch ihr hohes Eigengewicht, sowohl in der Bau- als auch der Betriebsphase eine mit keinem anderen Rohrwerkstoff erzielbare Lagestabilität.

In der Bauphase wirkt sich dies positiv auf die Einhaltung der vorgegebenen Solllage sowie die Erzielung der vorgeschriebenen Verdichtung der Leitungszone aus. Dieses gutmütige Verhalten ist eine wesentliche Voraussetzung für die Realisierung dauerhafter Abwasserkanäle und -leitungen sowie deren zuverlässigen Betrieb während der gesamten Nutzungsdauer.

Auch ein nachträglicher, unvorhergesehener Grundwasseranstieg, der während der Nutzungsdauer von bis zu 100 Jahren und länger niemals auszuschließen ist, führt aufgrund der hohen Auftriebssicherheit der Beton- und Stahlbetonrohre in aller Regel nicht zu Lageabweichungen und den damit verbundenen Folgeschäden für Umwelt und Bebauung sowie Straßen.

4 Literatur

[1] DIN EN 1610: Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen (10.1997)
DIN EN 1610 Beiblatt 1: Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen Verzeichnis einschlägiger Normen und Richtlinien (Stand vom Februar 1997).

[2] Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 139: Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen (01.2002).

[3] DIN EN 12889: Grabenlose Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen (03.2000).

[4] Arbeitsblatt ATV-A 125: Rohrvortrieb (09.1996).

[5] Rappert, C.: Grundwasserströmung Grundwasserhaltung. In Smoltczyk, U. (Hrsg.): Grundbau-Taschenbuch Teil 2. 5. Auflage. Ernst & Sohn, Berlin 1996.

[6] Herth, W., Arndts, E.: Theorie und Praxis der Grundwasserabsenkung. 3. Auflage. Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1995.

Die vollständige Expertise Lagestabilität / Auftriebssicherheit oder: „Beton- und Stahlbetonrohre sind nicht so leicht aus der Ruhe zu bringen“ ist zu beziehen bei der

Fachvereinigung Betonrohre und Stahlbetonrohre e. V. Bonn
E-Mail: info@fbsrohre.de · www.fbsrohre.de