



LEITFADEN ZUR AUSWAHL VON ROHRWERKSTOFFEN FÜR KOMMUNALE ENTWÄSSERUNGSSYSTEME

TEILEXPERTISE

„Wasserdichtheit“

Im Auftrag der Fachvereinigung Betonrohre und Stahlbetonrohre e.V. (FBS), Bonn

Bearbeitung: Prof. Dr.-Ing. D. Stein
Dipl.-Ing. A. Brauer

(Auszugsweise) Veröffentlichung nur mit Genehmigung
der Prof Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH

Bochum, 30. August 2005

1 Einführung in das Thema

Kanalisationen müssen nach ATV-DVWK-A 139 [1] sowie DIN EN 752 [2] dauerhaft, funktionssicher und dicht sein. Dies bedeutet, dass weder Stoffe in das Grundwasser gelangen dürfen noch das Grundwasser abgeleitet werden darf, damit eine unzulässige Verunreinigung des Grundwassers und eine unerwünschte Verdünnung des Abwassers vermieden werden [3].

Zu einem ordnungsgemäßen Betrieb von Abwasserkanälen gehört somit auch die vorbeugende Überprüfung der Dichtheit. Als undicht erkannte Abwasserleitungen und -kanäle sind umgehend zu sanieren, d.h. abzudichten [4].

Aus diesem Grund müssen sanierte Haltungen bzw. Haltungsabschnitte und Rohrverbindungen nach DIN EN 752-5 [2] den gleichen Anforderungen genügen, wie neuverlegte Abwasserleitungen und -kanäle.

Die Dichtheitsprüfungen an bestehenden Entwässerungssystemen sind entsprechend den wasser- und baurechtlichen Vorgaben durchzuführen. Die technische Ausführung ist z.B. in DIN 1986-30 [5], ATV-M 143-6 [6] und ATV-DVWK-A 142 [7] geregelt [8].

Für sanierte oder neu verlegte Abwasserleitungen und -kanäle sowie ggf. Bauwerke der Kanalisation (z.B. Kontroll- und Einsteigschächte) gelten DIN EN 1610 [9], DIN EN 12889 [10], ATV-DVWK-A 139 [1] und ATV-DVWK-A 142 [7] (Dichtheitsprüfung im Rahmen der Bauabnahme).

Undichtigkeiten liegen dann vor, wenn entweder Wasser sichtbar ein- oder austritt oder eine Prüfung auf Wasserdichtheit gemäß den o.g. Normen und Regelwerken nicht erfüllt wird. Undichtigkeiten können ohne oder mit erkennbaren Schäden auftreten in [4]:

- Rohrverbindungen bzw. Bauteil- oder Bauwerksfugen
- Rohren oder Rohrwandungen
- Anschlüssen an Rohre (Einbindungen von Anschlussleitungen bzw. -kanälen)
- Schächten oder sonstigen Bauwerken der Kanalisation.

Für das Auftreten von Undichtigkeiten in Kanälen kommt eine Vielzahl von Ursachen in Betracht, die sich den folgenden Gruppen zuordnen lassen [4]:

- Nichtbeachtung insbesondere von DIN EN 1610 [9] bzw. DIN EN 12889 [10], DIN EN 476 [11] bzw. DIN EN 14457 [12], ATV-DVWK-A 139 [1] bzw. ATV-A 125 [13] sowie weiteren, im jeweiligen Anwendungsfall maßgebenden Werkstoffnormen oder Regelwerken und Richtlinien bei
 - Planung
 - Werkstoff- und Bauteilauswahl
 - Bauausführung
 - Betrieb.
- Werkstoffalterung
- Als Folge anderer Schäden (z.B. Lageabweichungen, mechanischer Verschleiß (s. Teileexpertise „Abrieb“ [14]), Korrosion (s. Teileexpertise „Korrosionsbeständigkeit“ [15]), Risse/Brüche, Verformung/Deformation).

Die primären Folgen, die aufgrund von Undichtigkeiten bei Kanälen sowie bei Bauwerken der Kanalisation auftreten, sind

- der Austritt von Abwasser (Exfiltration) und
- das Eindringen von Grundwasser (Infiltration) und Boden [4].

Es hängt zunächst von der Lage der Kanäle zum Grundwasserspiegel ab, ob es im Fall von Undichtigkeiten überhaupt zu einer Exfiltration von Abwasser kommt oder zu einem Eindringen von Grundwasser (Infiltration) in die Kanäle (Bild 1).

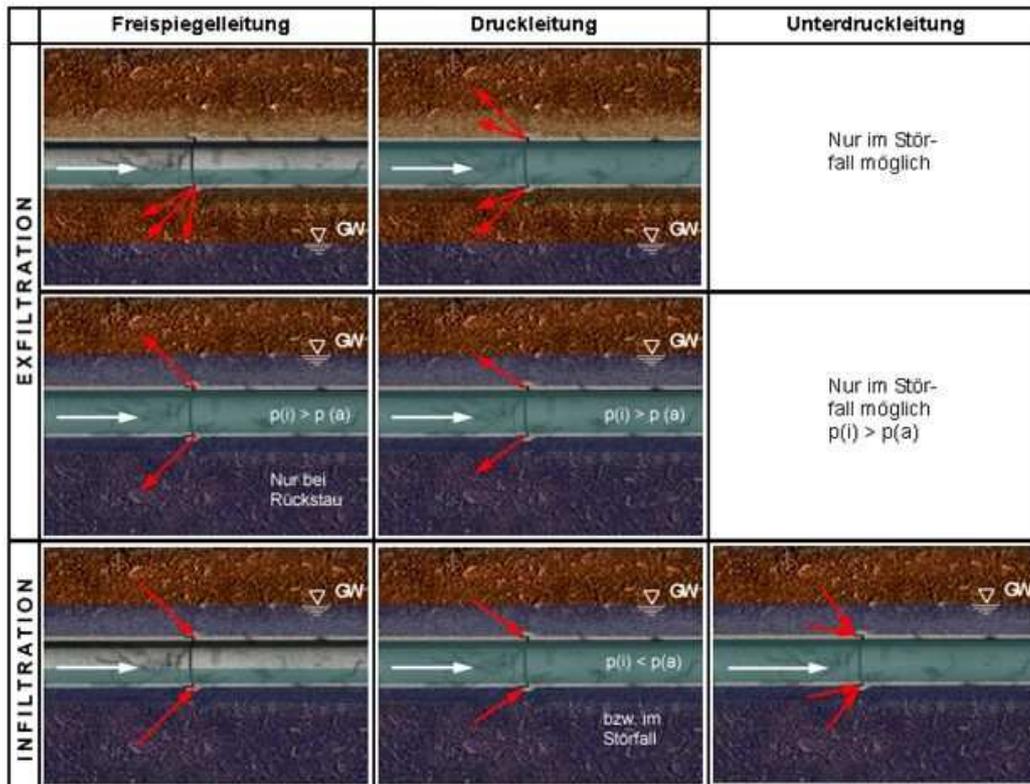


Bild 1 Möglichkeiten der Ex- und Infiltration in Kanalisationen in Abhängigkeit des Innenwasserdruckes und des Grundwasserstandes (Quelle: Stein & Partner in Anlehnung an [16])

➤ Austritt von Abwasser (Exfiltration)

Bei Freispegelleitungen tritt eine Abwasserexfiltration dann ein, wenn

- die Schadensstelle im benetzten Bereich des Kanal- oder Leitungsquerschnittes und zeitweise oder ständig oberhalb des Grundwasserspiegels liegt oder
- eine Überlastung mit einem gegenüber dem Außenwasserdruck größeren Innenwasserdruck im Kanal auftritt [4].

Folgeschäden der Abwasserexfiltration sind nach [8]:

- Schadstoffeintrag in Boden und Grundwasser
- Schädigende Auswirkungen auf Leitungen, Bauwerke oder Straßenoberbau
- Änderung der Bettungsbedingungen mit Folgeschäden, wie Rohrbruch/Einsturz, Lageabweichungen, Deformation/Verformung oder Risse.

➤ **Eindringen von Grundwasser (Infiltration) und Bodenmaterial**

Liegen undichte Freispiegelkanäle bzw. Bauwerke der Kanalisation ständig oder zeitweise im Grundwasser (Bild 1), kommt es zur Grundwasserinfiltration (Bild 2), wobei gleichzeitig auch Bodenmaterial aus der Leitungszone mit eingespült werden kann [4].

Infiltrierendes Grundwasser zählt zur Kategorie des Fremdwassers und ist somit ein unerwünschter Bestandteil des abzuleitenden Schmutzwassers [4].

Schadensfolgen der Infiltration sind nach [8]:

- Erhöhung des Fremdwasseranteils, dadurch Erhöhung des Schadstoffaustrages in den Vorfluter sowie der Kosten für Abwassertransport, Abwasserreinigung und damit für die Abwasserabgabe
- Erhöhung des Wartungsaufwandes
- Hydraulische Mehrbelastung und ggf. Überlastung der Kanäle, Pumpwerke und/oder Kläranlagen
- Absenkung des Grundwasserspiegels, verbunden mit Schäden an der Bebauung und am Bewuchs
- Verfestigte Ablagerungen/Inkrustationen
- Änderung der Bettungsbedingungen mit Folgeschäden, wie Rohrbruch/Einsturz, Lageabweichungen, Deformation/Verformung oder Risse
- Hohlraumbildung, verbunden mit Setzungen und/oder Einstürzen
- Wurzeleinwuchs.

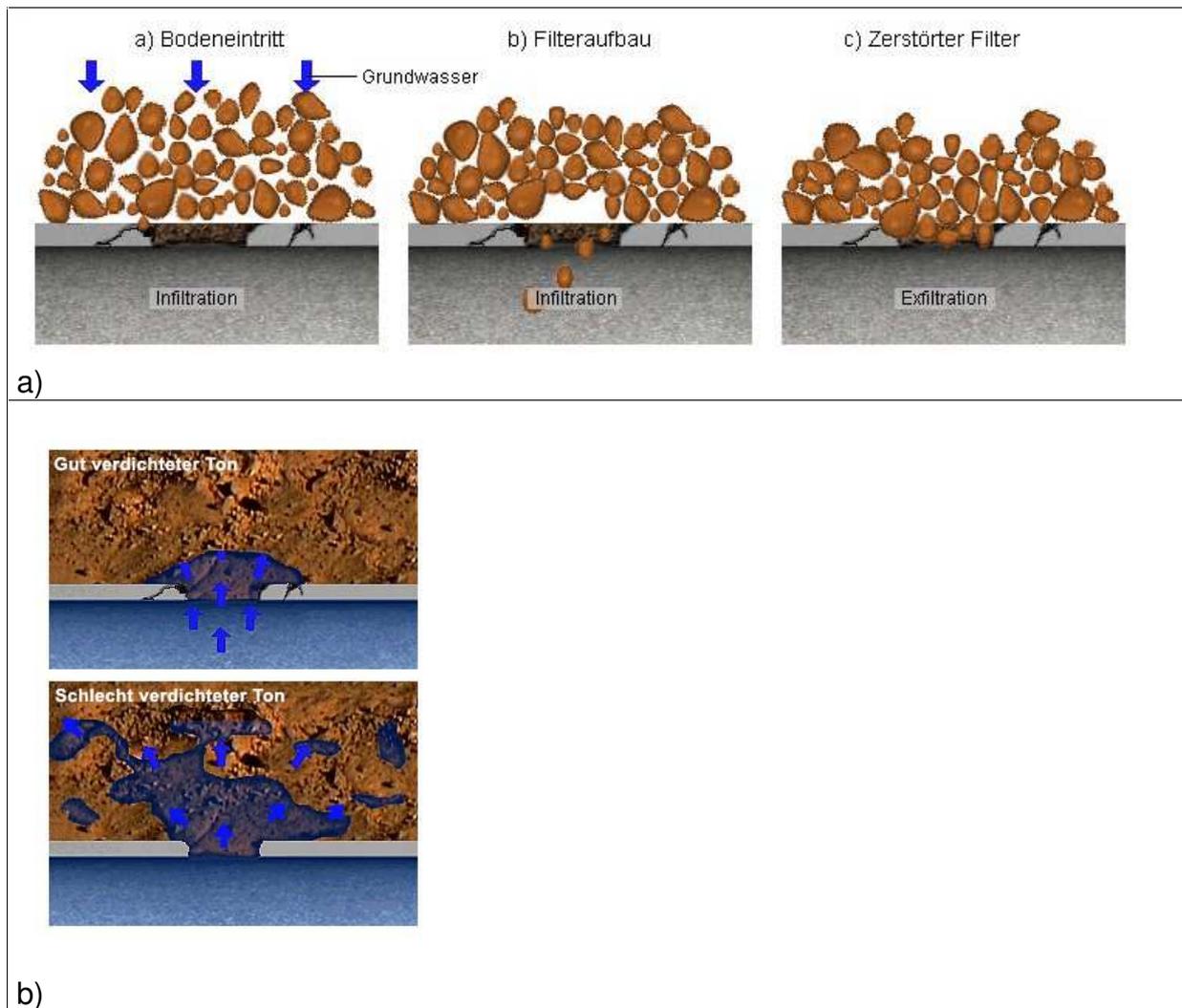


Bild 2 Erosionsverhalten nichtbindiger (a) und bindiger Böden (b) bei Undichtigkeiten (Quelle: Stein & Partner in Anlehnung an [17])

2 Analyse der verschiedenen Werkstoffe bezüglich der Anforderungen an die Wasserdichtheit

Im Folgenden wird speziell auf die in den entsprechenden werkstoffspezifischen Normen und Regelwerken vorgeschriebenen (Wasser-)Dichtheitsprüfungen im Rahmen der Erst- bzw., wenn geregelt, der Serienprüfung im Werk, eingegangen. Schwerpunkt der Ausführungen bilden – in gekürzter Form – die Beschreibung der Prüfbedingungen und -anforderungen an die Bauteile (Rohre, Formstücke etc.; Bauteilprüfung) aus den jeweiligen Werkstoffen sowie ihrer Rohrverbindungen (Strangprüfung), welche für Freispiegelleitungen zum Einsatz kommen.

➤ Beton und Stahlbeton

Die Wasserdichtheit von Rohren und Formstücken aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton sowie von Rohrverbindungen muss nach den im Anhang E der DIN EN 1916 [18] beschriebenen Prüfverfahren bestimmt werden. Zweck dieser Prüfungen ist zu beurteilen, ob einzelne Rohre und Rohrverbindungen mit Abwinkelung und/oder Scherkraft und Bauteile unter dem vorgeschriebenen Prüfdruck (hydrostatische Prüfung – Erstprüfung und laufende Überwachung) wasserdicht bleiben. Bauteile mit einer Wanddicke größer als 125 mm müssen keiner hydrostatischen Prüfung unterzogen werden.

Im Rahmen der Durchführung ist das Bauteil bzw. sind die beiden mit ihrer/n Dichtung(en) zusammengefügte Bauteile mit Wasser zu füllen und sorgfältig zu entlüften. Der Prüfdruck von 50 kPa (0,5 bar oder ca. 5 m Wassersäule), von der Mittellinie des Bauteiles aus gemessen, ist aufzubringen und 15 Minuten lang zu halten. Während der Prüfzeit darf ein Einzelbauteil oder eine Rohrverbindung unter Abwinkelung und Scherlast (einzeln oder kombiniert) keine Undichtigkeit oder keine anderen sichtbaren Mängel aufweisen; an der Oberfläche haftende Feuchtigkeit gilt nicht als Undichtigkeit.

Ergänzend zu DIN EN 1916 [18] legt DIN V 1201 [19] fest, dass jedes gefertigte Beton-, Stahlfaserbeton- und Stahlbetonrohr des Typs 2¹ mit einer Nennweite \leq DN/ID 1000 auf Wasserdichtheit im Rahmen einer werkseitigen Kurzzeitprüfung mit Wasserüberdruck von 1 bar, Luftüberdruck von max. 20 kPa (0,2 bar) oder Luftunterdruck von 20 kPa (0,2 bar) zu prüfen ist (Serienprüfung).

Beton-, Stahlfaserbeton- und Stahlbetonrohre Typ 2 und ihre Rohrverbindungen müssen bei einer Wasserdichtheitsprüfung mit einem inneren Überdruck von 1,0 bar

¹ Anmerkung: Diese Rohre erfüllen die allgemeinen Anforderungen nach DIN EN 1916 [18] bzw. DIN V 1201 [19] sowie besondere Anforderungen, wie z.B. die Widerstandsfähigkeit gegen **chemisch mäßig angreifende Umgebung** (Expositionsklasse XA2 nach Tabelle 1 von DIN EN 206-1 [1] mit Werten $4,5 \leq \text{pH} \leq 14$; der Begriff „chemisch mäßig angreifende Umgebung“ entspricht dem „starken chemischen Angriff“ nach der alten, durch DIN EN 1916 [18] abgelösten DIN 4035). Rohre des Typs 2 entsprechen der bisher in der Bundesrepublik Deutschland verwendeten Qualität und sind besonders geeignet für Misch- sowie Schmutzwasserleitungen und -kanäle.

dicht sein. Die Prüfung erfolgt mit Wasserzugabemessung als Strangprüfung an drei Rohren und zwei Verbindungen (1 Prüfung) oder alternativ jeweils zwei Rohren und je einer Rohrverbindung (2 Prüfungen). Vor der Prüfung sind die Rohre mindestens 24 h mit Wasser gefüllt zu lagern. Auch die Außenflächen sind dabei feucht zu halten. Die Prüfzeit beträgt 15 Minuten bei einem Prüfdruck von $1,0 \pm 0,01$ bar Überdruck. Die Wasserzugabe ist zu messen (s. Tabelle 1) [19].

Die Prüfung für Rohre \geq DN/ID 1100 kann gemäß DIN V 1201 [19] im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle alternativ als Muffenprüfung durchgeführt werden. Der Wasserzugabewert wird für einen Meter Rohrschaftlänge berechnet.

**Tabelle 1 Werte für maximale Wasserzugabe bei Strangprüfung von Beton-,
Stahlfaserbeton- und Stahlbetonrohren Typ 2 nach DIN V 1201 [19]**

Nennweite DN/ID	Max. Wasserzugabe [l/m ²]
≤ 600	0,08
700 bis 1000	0,07
≥ 1100	0,05

An Beton- und Stahlbetonrohren in FBS-Qualität [20] und ihren Rohrverbindungen werden im Rahmen der Erstprüfung gegenüber DIN V 1201 [19] erhöhte Anforderungen gestellt: Je nach Nennweitengruppe müssen sie bei einem inneren Überdruck von 2,5 bar (Rohre \leq DN 1000) bzw. 1,0 bar (Rohre \geq DN 1100) dicht sein. Letzteres gilt auch für die Rohrverbindung bei gegenseitiger Abwinkelung und bei Scherlasteinwirkungen in Höhe des 50fachen Zahlenwertes der Nennweite in Newton.

➤ **Steinzeug**

Bei der Prüfung von Rohren, Bögen und Abzweigen oder Rohrabschnitten aus Steinzeug nach EN 295-3 [21], Abschnitt 9, darf der Wasserzugabewert W_{15} , der zur Aufrechterhaltung des Prüfdruckes von 50 kPa (0,5 bar) erforderlich ist, 0,07 l/m² – bezogen auf die innere benetzte Rohroberfläche – nicht übersteigen; dabei dürfen keine Undichtigkeiten (wie z.B. feuchte Flecken oder Tropfen) auftreten [22].

➤ **Duktiler Guss**

Freispiegelkanäle aus duktilen Gussrohren müssen nach DIN EN 598 [23] bei einem

dauernden Innendruck von 0 bis 0,5 bar und einem kurzzeitigen Innendruck von 2 bar sowie einem dauernden Außendruck von 1 bar dicht sein.

Für die Wasserdichtheitsprüfung müssen duktile Gussrohre (auch mit einer Tonerdezementmörtelauskleidung), Formstücke, nichtbegehbare und begehbare Schächte, welche für Freispiegelleitungen vorgesehen, sind, mit Wasser gefüllt und gut entlüftet werden. Der Wasserinnendruck muss dann auf 2 bar erhöht und 2 h konstant gehalten werden, währenddessen eine visuelle Prüfung auf Undichtigkeit durchgeführt werden muss. Es dürfen an den Bauteilen keine sichtbaren Undichtigkeiten, kein Schwitzen oder ein anderes Anzeichen für ein Versagen auftreten. Die Prüfung muss an beschichteten Bauteilen bei Raumtemperatur durchgeführt werden [23].

Die Dichtheit der Rohrverbindungen muss an zwei miteinander verbundenen, mindestens 1 m langen Rohrabschnitten mit den in DIN EN 598 [23] angegebenen Scherlasten und Abwinkelungen durchgeführt werden. Die o.g. Prüfbedingungen für Bauteile müssen auch für Rohrverbindungen, die für Freispiegelleitungen vorgesehen sind, eingehalten werden.

➤ **Polymerbeton**

Polymerbetonrohre müssen dauerhaft dicht sein. Bauteile und Rohrverbindungen müssen einem Innendruck von 2,4 bar für die Dauer von 15 min standhalten. Es dürfen keine Undichtigkeiten, feuchte Flecken oder Tropfen auftreten [24].

Bei Ausführung der Wasserdichtheitsprüfung in Anlehnung an Abschnitt 9 der DIN EN 295-3 [21] darf die Wasserzugabe während der Prüfzeit von 15 min den Wert von 0,05 l/m² benetzter innerer Oberfläche nicht überschreiten [24].

➤ **GFK**

Rohre, Formstücke und Rohrverbindungen aus geschleudertem GFK müssen nach DIN 19565-1 [25] dauerhaft wasserdicht sein. Für Freispiegelleitungen sind GFK-Rohre der Druckklasse PN 1 mit einem maximal zulässigen Nenndruck von 1 bar (Innendruck) vorgesehen. Bauteile und Rohrverbindungen müssen in Abhängigkeit von dem Produkt der Abminderungsfaktoren A_{1B} und A_{2B} bei einem inneren Wasserüberdruck, der dem in Tabelle 24 der DIN 19565-1 [25] festgelegten Initial-

Innendruck-Wert entspricht, und einem äußeren Wasserüberdruck von 0,5 bar dicht bleiben.

➤ PVC-U, PE und PP

Die Normen DIN EN 1401-1 [26], DIN EN 12666-1 [27] und DIN EN 1852-1 [28] legen für Abwasserrohre aus PVC-U, PE und PP legen die in Tabelle 2 dargestellten Anforderungen an die Verbindungen und die Gebrauchstauglichkeit des jeweiligen Kunststoffrohrleitungssystems bezüglich der Wasserdichtheit fest.

Ein aus Rohren und/oder Formstücken bestehender Probekörper wird einem festgelegten negativen inneren Anfangsluftdruck p_1 ausgesetzt, gefolgt von einem niedrigen hydrostatischem Anfangsinnendruck p_2 und einem höheren hydrostatischen Innendruck p_3 . Während der Prüfung kann die Verbindung Rohrverformung(en) und/oder Abwinkelung(en) ausgesetzt sein. Die bezugnehmende Produktnorm muss festlegen, welche der Druckarten für die Prüfung und welche Verformungsbedingungen anzuwenden sind. Jede Druckart wird für eine festgelegte Zeitdauer (15 Minuten) beibehalten, während die Verbindung auf Undichtheit überprüft wird.

Tabelle 2 Prüfparameter für die Dichtheitsprüfung von Rohrverbindungen und des Rohrleitungssystems aus PVC-U, PE und PP nach DIN EN 1277 [29], (s. dort Tabelle A.2 im Anhang A)

Eigenschaft	Anforderungen	Prüfparameter		Prüfverfahren
		Eigenschaft	Wert	
Dichtheit von elastomeren Dichtringverbindungen		Temperatur	(23 ± 5) °C	EN 1277, Bedingung B
		Durchbiegen der Spitzenden	10 %	
		Durchbiegen der Muffe	5 %	
	Keine Undichtheit	Wasserdruck p_1	0,05 bar	
	Keine Undichtheit	Wasserdruck p_2	0,5 bar	
	≤ - 0,27 bar	Luftdruck p_3	- 0,3 bar	
		Temperatur	(23 ± 5) °C	EN 1277, Bedingung C
	Durchbiegen der Verbindung:	2°		
	$d_e \leq 315$ mm;	1,5°		
	315 mm < $d_e \leq 630$ mm;	1°		
	$d_e > 630$ mm.			
Keine Undichtheit	Wasserdruck p_1	0,05 bar		
Keine Undichtheit	Wasserdruck p_2	0,5 bar		
≤ - 0,27 bar	Luftdruck p_3	- 0,3 bar		

3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Dichtheit von Entwässerungssystemen ist – neben der Standsicherheit und Betriebssicherheit [30] – eine der wichtigsten Forderungen. Beschädigte und/oder undichte Abwasserleitungen und –kanäle stellen potenzielle Gefahren bezüglich Einstürzen sowie Verunreinigungen von Grundwasser, Boden und Gewässer [31] dar [8].

Aus diesem Grund müssen nach DIN EN 476 [11] Rohre, Formstücke, Verbindungen und Schächte für erdverlegte Abwasserleitungen und –kanäle in Schwerkraft(entwässerungs)systemen bzw. Freispiegelsystemen einem von 0 kPa auf 50 kPa (0,5 bar) steigenden Prüfdruck bei einer hydrostatischen Wasserinnendruckprüfung standhalten.

Vortriebsrohre und ihre Verbindungen für Schwerkraftsysteme müssen nach DIN EN 14457 [12] zusätzlich gegenüber einem äußeren Wasserdruck von 50 kPa (0,5 bar) dicht sein.

Für Entwässerungssysteme in sensiblen Bereichen, wie z.B. Wasserschutzgebieten (s. ATV-DVWK-A 142 [7]), und für solche, in denen wassergefährdende Stoffe abgeleitet werden, kommt der Dichtheitsprüfung eine besondere Bedeutung zu. Hier müssen Rohre und Rohrverbindungen von doppelwandigen Rohrsystemen bei sehr hohem Gefährdungspotenzial sowie einwandige Rohrsysteme werkseitig bis zu einem Druck von 240 kPa (2,4 bar) dicht sein [7].

Nach Beendigung der Arbeiten zur Neuverlegung von Kanälen sowie von Sanierungsarbeiten sind in jedem Fall im Rahmen der Bauabnahme Inspektionen (Sichtprüfungen) und Dichtheitsprüfungen durchzuführen. Die Dichtheitsprüfungen können mit Wasserdruck, Luftüber- oder Unterdruck erfolgen und sind je nach zutreffendem Anwendungsfall (z.B. Bauweise, Wasserschutzgebiet) in DIN EN 1610 [9], ATV-DVWK-A 139 [1], DIN EN 12889 [10] und ATV-DVWK-A 142 [7] geregelt.

Gleichwohl werden sowohl in Wassergesetzen und Abwassereigenkontrollverordnungen einzelner Bundesländer als auch beispielsweise im ATV-DVWK-A 142 [7] über die optische Zustandserfassung hinausgehend, Wiederholungen von Dichtheitsprüfungen an bestehenden Abwasserleitungen und -kanälen sowie

Schächten in bestimmten zeitlichen Abständen gefordert. Diesbezüglich sind die Regelungen in ATV-M 143-6 [6], DIN 1986-30 [5] sowie ATV-DVWK-A 142 [7] zu beachten.

In der Regel erfüllen alle gemäß den entsprechenden Werk- und Produktnormen gefertigten sowie ggf. zusätzlich mit einer DIBt-Zulassung versehenen Rohre für Abwasserleitungen und –kanäle die in den vorangegangenen Abschnitten genannten Anforderungen bezüglich der Wasserdichtheit.

Voraussetzung für ein langfristig funktionsfähiges und wasserdichtes Entwässerungssystem ist neben der Verwendung geeigneter und beständiger Bau- und Werkstoffe insbesondere aber die fachgerechte Herstellung der Abwasserleitungen und –kanäle [1].

Fazit:

Beton- und Stahlbetonrohre in FBS-Qualität und ihre Rohrverbindungen erfüllen die Anforderungen an die Wasserdichtheit nach DIN EN 476 [11] bzw. DIN EN 14457 [12] sowie DIN EN 1916 [18] und DIN V 1201 [19].

In der FBS-Qualitätsrichtlinie [20] werden gegenüber DIN V 1201 [19] erhöhte Anforderungen an die Dichtheit von Beton- und Stahlbetonrohren gestellt (s. Abschnitt 2), insbesondere im Hinblick auf die Ausbildung und Konstruktion der Rohrverbindungen [20]:

- FBS-Rohre besitzen ausschließlich fest in die Muffe eingebaute Dichtungen.
- FBS-Rohrverbindungen sind mit Kompressionsdichtungen nach DIN EN 681-1 [32] aus Elastomeren mit dichter Struktur und hohlraumfreiem Querschnitt bzw. DIN 4060 (Ausgabe 12.88) [33] auszuführen. Rollringdichtungen sind nicht zugelassen.
- FBS-Rohrverbindungen werden im Rahmen der Erstprüfung mit 2,5 bar und im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung mit 1,0 bar geprüft.
- Alle FBS-Rohre < DN/ID 1000 werden einer werkseitigen, serienmäßigen Dichtheitsprüfung sowie einer Vermessung des Spitzendes unterzogen.

4 Literatur

- [1] Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 139: Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen (01.2002).
- [2] DIN EN 752: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden.
Teil 1: Allgemeines und Definitionen (01.1996).
Teil 2: Anforderungen (09.1996).
Teil 3: Planung (09.1996).
Teil 4: Hydraulische Berechnung und Umweltschutzaspekte (11.1997).
Teil 5: Sanierung (11.1997).
Teil 6: Pumpanlagen (06.1998).
Teil 7: Betrieb und Unterhalt (06.1998).
- [3] Dohmann, M. (Hrsg.): Wassergefährdung durch undichte Kanäle – Erfassung und Bewertung. Springer Verlag, Berlin 1999.
- [4] Stein, D.: Instandhaltung von Kanalisationen. 3. Auflage. Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1998.
- [5] DIN 1986-30: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 30: Instandhaltung (02.2003)
- [6] Merkblatt ATV-M 143-6: Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen – Teil 6: Dichtheitsprüfungen bestehender, erdüberschütteter Abwasserleitungen und -kanäle und Schächte mit Wasser, Luftüber- und Unterdruck (06.1998).
- [7] Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 142: Abwasserkanäle und -leitungen in Wassergewinnungsgebieten (11.2002).
- [8] Merkblatt ATV-DVWK-M 143-1: Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 1: Grundlagen (08.2004).

-
- [9] 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).
- [10] DIN EN 12889: Grabenlose Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen (03.2000).
- [11] DIN EN 476: Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserkanäle und -leitungen für Schwerkraftentwässerungssysteme (08.1997).
- [12] DIN EN 14457: Allgemeine Anforderungen an Bauteile, die bei grabenlosem Einbau von Abwasserleitungen und -kanälen verwendet werden (07.2004).
- [13] Arbeitsblatt ATV-A 125: Rohrvortrieb (09.1996).
- [14] Stein, D., Brauer, A.: Leitfaden zur Auswahl von Rohrwerkstoffen für kommunale Entwässerungssysteme – Teilexpertise „Abriebfestigkeit“. Expertise der Prof.-Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH, Bochum im Auftrag der FBS e.V., Bonn. Bochum, Dezember 2004.
- [15] Stein, D., Brauer, A.: Leitfaden zur Auswahl von Rohrwerkstoffen für kommunale Entwässerungssysteme – Teilexpertise „Korrosionsbeständigkeit“. Expertise der Prof.-Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH, Bochum im Auftrag der FBS e.V., Bonn. Bochum, August 2005.
- [16] Stein, D.: Sind undichte Kanalisationen eine bedeutende Schadstoffquelle für Boden und Grundwasser? Kongressvorträge Wasser Berlin 89, S. 330–340. Erich Schmidt Verlag, Berlin 1990.
- [17] Jones, G. M. A.: The Structural Deterioration of Sewers. International Conference on the Planning, Construction, Maintenance & Operation of Sewerage Systems. Reading (England), 12.-14. September 1984. Paper C1, S. 93–108.

-
- [18] DIN EN 1916: Rohre und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton (04.2003).
DIN EN 1916 Berichtigung 1: Berichtigungen zu DIN EN 1916:2003-04 (05.2004).
- [19] DIN V 1201: Rohre und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton für Abwasserleitungen und -kanäle – Typ 1 und Typ 2 – Anforderungen, Prüfung und Bewertung der Konformität (Vornorm 08.2004).
- [20] FBS-Qualitätsrichtlinie – Teil 1 (FBS-QR Teil 1): Rohre und Formstücke aus Beton und Stahlbeton in FBS-Qualität für erdverlegte Abwasserleitungen und -kanäle – Ausführungen, Anforderungen, Prüfungen (09.2004).
- [21] DIN EN 295-3: Steinzeugrohre und Formstücke sowie Rohrverbindungen für Abwasserleitungen und -kanäle – Teil 3: Prüfverfahren (02.1999).
- [22] DIN EN 295-1: Ausgabe: Steinzeugrohre und Formstücke sowie Rohrverbindungen für Abwasserleitungen und -kanäle – Teil 1: Anforderungen (enthält Änderung A1:1996, Änderung A2:1996 und Änderung A3:1999) (05.1999).
- [23] DIN EN 598: Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasser-Entsorgung – Anforderungen und Prüfverfahren (11.1994).
- [24] DIN 54815: Rohre aus gefüllten Polyesterharzformstoffen.
Teil 1: Maße, Werkstoff, Kennzeichnung (11.1998).
Teil 2: Anforderungen, Prüfung (11.1998).
- [25] DIN 19565-1: Rohre und Formstücke aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen; geschleudert, gefüllt; Maße, Technische Lieferbedingungen (03.1989).
- [26] DIN EN 1401-1: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte drucklose Abwasserkanäle und -leitungen – Weichmacherfreies Polyvinylchlorid (PVC-U) – Teil 1: Anforderungen an Rohre, Formstücke und das

Rohrleitungssystem (12.1998).

- [27] DIN EN 12666-1 (Norm-Entwurf): Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen – Polyethylen (PE) – Teil 1: Anforderungen an Rohre, Formstücke und das Rohrleitungssystem (08.2005).
- [28] DIN EN 1852-1: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen – Polypropylen (PP) – Teil 1: Anforderungen an Rohre, Formstücke und das Rohrleitungssystem (enthält Änderung A1:2002) (04.2003).
- [29] DIN EN 1277: Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Erdverlegte Rohrleitungssysteme aus Thermoplasten für drucklose Anwendungen – Prüfverfahren für die Dichtheit von elastomeren Dichtringverbindungen (03.2004).
- [30] Stein, D., Kentgens, S., Bornmann, A.: Wassergefährdung durch undichte Kanäle – Erfassung und Bewertung: Teilprojekt A3: Feststellung und Bewertung von Schäden an Abwasserkanälen und -leitungen unter besonderer Berücksichtigung der Standsicherheit und Funktionsfähigkeit. Forschungsbericht im Auftrag des BMFT, Bonn; Laufzeit: 10/1990 – 09/1994.
- [31] Stein, D.: Undichte Kanalisationen – ein Problembereich der Zukunft aus der Sicht des Gewässerschutzes. Zeitschrift für angewandte Umweltforschung (ZAU) 1 (1988), H. 1, S. 65–76.
- [32] DIN EN 681-1: Elastomer-Dichtungen - Werkstoff-Anforderungen für Rohrleitungs-Dichtungen für Anwendungen in der Wasserversorgung und Entwässerung - Teil 1: Vulkanisierter Gummi (05.2003).
DIN EN 681-1 Berichtigung 1: Berichtigungen zu DIN EN 681-1:2003-05 (08.2003).
- [33] DIN 4060: Rohrverbindungen von Abwasserkanälen und -leitungen mit Elastomerdichtungen – Anforderungen und Prüfungen an Rohrverbindungen, die Elastomerdichtungen enthalten (02.1998).