

Dichtheitsprüfungen an einzelnen Rohrverbindungen

Olaf Kaufmann (Bochum) und Thomas Stevens (Speyer)

Zusammenfassung

Im April 1998 wurde die DIN 4033 [1] endgültig durch die DIN EN 1610 [2] ersetzt und damit erstmalig in der Bundesrepublik Deutschland die Möglichkeit eröffnet, Dichtheitsprüfungen neben der herkömmlichen Wasserdruckprüfung auch mit Luftüberdruck als Prüfmedium durchzuführen. Dies gilt sowohl für die haltungs- bzw. abschnittsweise Dichtheitsprüfung als auch für die Prüfung einzelner Rohrverbindungen. Durch die DIN EN 1610 wird die Muffenprüfung für Nennweiten > DN1000 als Ersatzprüfung explizit zugelassen, die Umsetzung der hierbei angegebenen Dichtheitskriterien weisen in der Praxis jedoch erhebliche Probleme auf.

In den nachfolgenden Ausführungen werden Vorschläge zur Ermittlung praxistgerechter Dichtheitskriterien auf der Grundlage der DIN EN 1610 vorgestellt.

Schlagwörter: Entwässerungssysteme, Rohrverbindung, Dichtheitsprüfung, Norm, Muffenprüfung, Wasserdruckprüfung, Luftüberdruckprüfung

Summary

Tightness Testing of Individual Pipe Joints

In April 1998, German Industrial Standard DIN 4033 [1] was finally replaced by DIN EN 1610 [2]. For the first time in Germany we now have the possibility to also use pressurized air as a test medium for tightness testing, in addition to the traditional water pressure testing. This applies to both the tightness testing of reaches and sections as well as to the testing of individual pipe joints. DIN EN 1610 explicitly allows for socket tests for nominal widths > 1000 NS as an alternative test, however, compliance with the tightness criteria specified therein causes considerable problems in practice.

In the following, proposals for determining tightness criteria on the basis of DIN EN 1610 that can be met under real-life conditions are presented.

Key words: drainage systems, joint, leakage test, standard, socket test, hydrostatic test, air overpressure test

Résumé

Epreuve d'étanchéité des raccords particuliers des tuyaux

En avril 1998 la norme allemande DIN 4033 fut finalement remplacée par la norme européenne DIN EN 1610 et par cela la possibilité fut ouverte pour la première fois en République Fédérale d'Allemagne d'effectuer les

épreuves d'étanchéité - outre les épreuves hydrostatiques conventionnelles - aussi à la pression de l'air comme médium d'épreuve. Cela est valable pour l'épreuve d'étanchéité par bief ou par section ainsi que pour l'épreuve des raccords particuliers des tuyaux. La norme européenne DIN EN 1610 permet explicitement l'épreuve des emboîtements pour des diamètres supérieurs à 1000 mm comme épreuve de substitution; mais la réalisation des critères d'étanchéité y indiqués présente des problèmes considérables dans la pratique.

Dans l'exposé suivant, on présente sur la base de la norme européenne DIN EN 1610 des propositions relatives à l'établissement des critères d'étanchéité qui répondent aux exigences de la pratique

Notices matières: système de canalisation d'eaux usées, assemblage, essai d'étanchéité, norme, essai d'emboîtement, épreuve hydrostatique, essai surpression à l'air

1. Allgemeines

Abwasserkanäle und -leitungen müssen nach DIN EN 752 [3] und ATV A 139 [4] dauerhaft, funktionssicher und dicht sein.

Zur Abwasserbeseitigungspflicht gemäß §18a WHG [5] in Verbindung mit den entsprechenden Landeswassergesetzen gehört aber nicht nur der erstmalige Bau eines Kanalisationssystems, sondern auch dessen Instandhaltung. Ordnungsgemäße Abwasserbeseitigung bedeutet demnach, dass das bestehende Kanalnetz ständig überwacht und kontrolliert wird [6, 7]. Damit ist jeder Kanalnetzbetreiber in die Pflicht genommen, die Dichtheit der Entwässerungssysteme nicht nur einmal - im Rahmen der Bauabnahme - nachzuweisen, sondern diese Prüfung in regelmäßigen Abständen zu wiederholen.

In der Zwischenzeit wurden von einigen Bundesländern bereits entsprechende Rechtsverordnungen als Ergänzung zu den jeweiligen Paragraphen der Landeswassergesetze erlassen bzw. entworfen. Eine gewisse Vorreiterrolle übernahm dabei das Land Baden-Württemberg, das bereits im Jahre 1989 auf der Grundlage von § 83 Abs. 6 des baden-württembergischen Wassergesetzes eine "Verordnung zur Durchführung der Eigenkontrolle" [8] erlassen hat. Dort heißt es:

"Bei der Eigenkontrolle der Abwasserkanäle und -leitungen ist die Dichtigkeit regelmäßig zu überprüfen. Mit der Überprüfung der Dichtigkeit der bestehenden Entwässerungsanlagen ist unverzüglich nach Inkrafttreten dieser Verordnung zu beginnen. Sie ist innerhalb von 10 Jahren abzuschließen."

Mittlerweile sind in den meisten Bundesländern ähnliche Eigenkontrollverordnungen erlassen worden, die sinngemäß die baden-württembergischen Anforderungen an den Nachweis der Dichtheit bestehender Kanalisationen übernommen haben.

Eine Übertragung dieser Forderungen auf die Selbstüberwachung nichtöffentlicher Kanäle stellt die Änderung des § 45 der Landesbauordnung Nordrhein-Westfalen [9] dar, nach der im

"(...) Erdreich oder unzugänglich verlegte Abwasserleitungen zum Sammeln oder Fortleiten nach der Errichtung oder Änderung von Sachkundigen auf Dichtheit (zu prüfen sind). Die Dichtheitsprüfung ist in Abständen von höchstens zwanzig Jahren zu wiederholen."

Bei der Prüfung neuerlegter Abwasserkanäle und -leitungen, die in Kopfbauweise erstellt wurden, insbesondere aber bei der Prüfung bestehender oder sanierter Entwässerungssysteme, ist eine haltungsweise Dichtheitsprüfung nur in Ausnahmefällen möglich, da diese in der Regel durch eine Vielzahl von Hausanschlüssen erschwert oder verhindert wird. Auch die Prüfung großer Querschnitte, ab der Nennweite DN 1000, weist bei der haltungsweisen Dichtheitsprüfung aufgrund des großen Prüfvolumens erhebliche Probleme auf. Als Alternative zur abschnittswisen Dichtheitsprüfung, z.B. zwischen zwei Anschlüssen, bietet sich hier die Prüfung einzelner Rohrverbindungen (nachfolgend Muffenprüfung genannt) sowohl mit Wasser als auch mit Luft als Prüfmedium an, wobei diese in der DIN EN 1610 ab der Nennweite DN 1000 explizit als Ersatzprüfung erwähnt wird.

2. Muffenprüfungen

Im einzelnen sind zur Muffenprüfung folgende Arbeitsschritte zu absolvieren:

- Das Prüfgerät wird auf einem Fahrgestell zum Einsatzort gezogen oder geschoben und dort mittig über dem Fugenspalt platziert. Anschließend wird das Muffenprüfgerät mittels der Justierschrauben zentrisch im Rohr positioniert (Abb. 1). Die Abdichtung des Prüfraumes erfolgt durch zwei Gummihohlprofile oder -schläuche, die mit 4 bis 8 bar beaufschlagt werden und so fest gegen die Rohrwandung beiderseits der Rohrverbindung gepreßt werden. Dabei richtet sich der notwendige Anpreßdruck nach der Porosität der Rohrwandung. Je höher der Anpreßdruck ist, je besser lassen sich Umläufigkeiten über das Profil ausschließen.
- Der Prüfraum - d.h. der zwischen den Abdichtungsprofilen verbleibende Freiraum - wird mit dem Prüfmedium gefüllt und der erforderliche Prüfdruck aufgebracht.
- Nach erfolgter Prüfung wird der Druck im Prüfraum und anschließend in den Abdichtungsprofilen abgelassen und das Muffenprüfgerät zur nächsten Rohrverbindung transportiert [10].

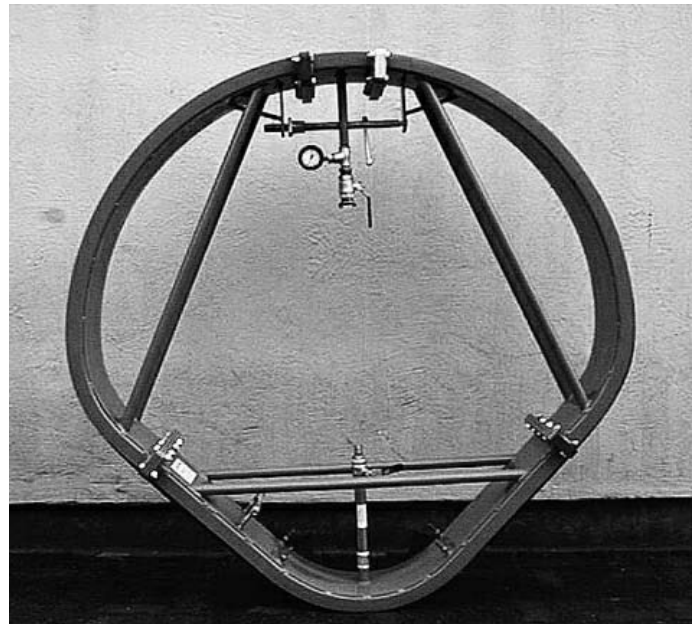


Abb. 1: Muffenprüfgerät(1)

Im nichtbegehbaren Nennweitenbereich müssen alle Arbeitsgänge ferngesteuert von der Geländeoberfläche unter ständiger Kamerabeobachtung durchgeführt werden, um hier ausschließen zu können, dass ein möglicher Druckverlust nicht auf die mangelnde Abdichtung des Prüfgerätes selbst zurückzuführen ist. Daher werden Muffenprüfungen im nicht begehbaren Bereich mit sogenannten Muff Duo durchgeföhrt. Diese neue Generation von Muffenprüfgeräten ist mit zwei zusätzlichen Pneus, die jeweils eine weitere Kammer definieren, ausgestattet. Dieses patentierte Verfahren [11] ermöglicht eine sogenannte Referenzmessung (s. Abb. 2). D.h., es wird nicht nur der Druckverlauf in der Prüfkammer aufgezeichnet, sondern auch der links und rechts der Prüfkammer. Baut sich in den Referenzkammern kein Druck auf, ist der Nachweis über die 100 %ige Abdichtung des Prüfgerätes erbracht.

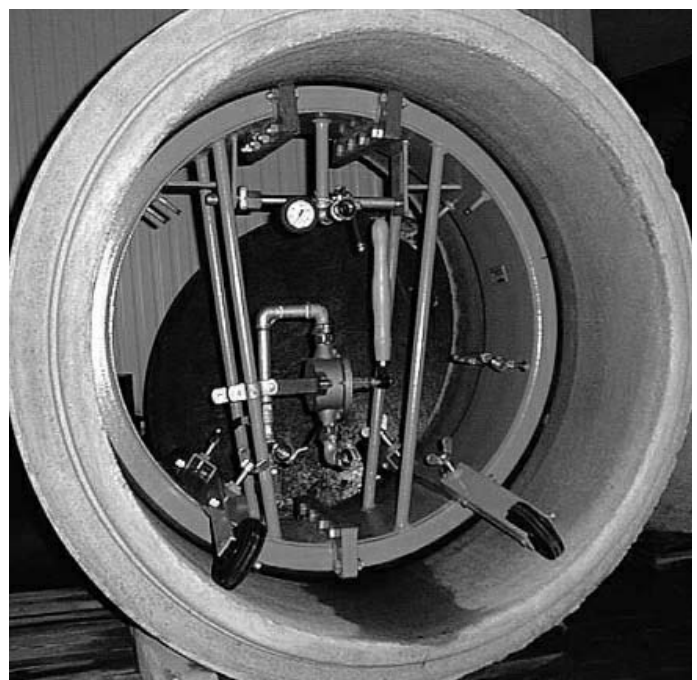


Abb. 2: Referenzmessung

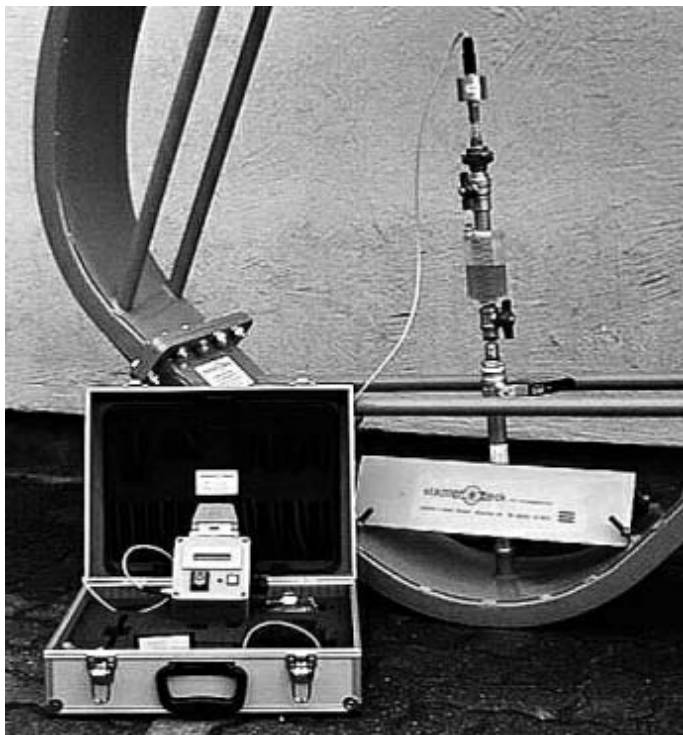


Abb. 3: Muffenprüfgerät in einem Drachenquerschnitt

Muffenprüfgeräte sind nicht nur für Kreis- oder Eiquer-schnitte, sondern auch für alle erdenklichen Sonder-querschnittsformen erhältlich. In Abb. 3 ist ein Muffenprüfgerät in einem Drachenquerschnitt DN 1700 und in Abb.4 ein Prüfgerät in einem Kastenprofil DN 2000 x 1800 dargestellt.

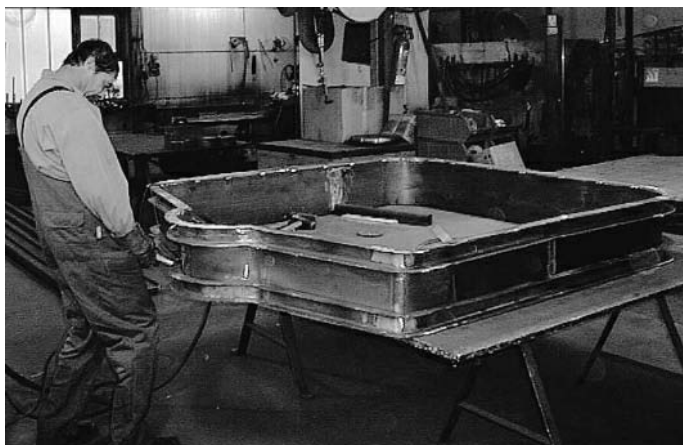


Abb. 4: Prüfgerät in einem Kastenprofil(4)

3. Normen

3.1 Wasserdruckprüfung

Durch die DIN 4033 [1] wurde die Muffenprüfung mit Wasser als Prüfmedium bei der Prüfung neuerlegter Abwasserkanäle zugelassen, ohne dass hierdurch ein exaktes Dichtheitskriterium definiert wurde. Die Prüfung galt als bestanden, wenn nur ein langsamer Druckabfall zu verzeichnen war und augenscheinlich kein Wasser an den Rohrverbindungen austrat. Eine Definition des geforderten langsamen Druckabfalls wurde in der DIN 4033 nicht gegeben, so dass willkürlich festgelegte Druckab-

fallwerte pro Zeiteinheit zur Beurteilung der Dichtheit der Rohrverbindungen herangezogen wurden.

Zur Prüfung wird - wie bereits erläutert wurde - das zwischen den Absperrerelementen des Muffenprüfgerätes verbleibende Prüfvolumen mit Wasser gefüllt und der Prüfdruck von 0,5 bar aufgebracht. Selbst bei sorgfältigem Vorgehen ist es unmöglich, den gesamten Prüfraum mit Wasser zu füllen, da im Scheitelbereich oberhalb der Entlüftungsöffnung immer ein Restluftvolumen verbleibt. In Abb. 5 ist eine Prinzipskizze der im Fugenscheitel eingeschlossenen Luftmenge dargestellt.

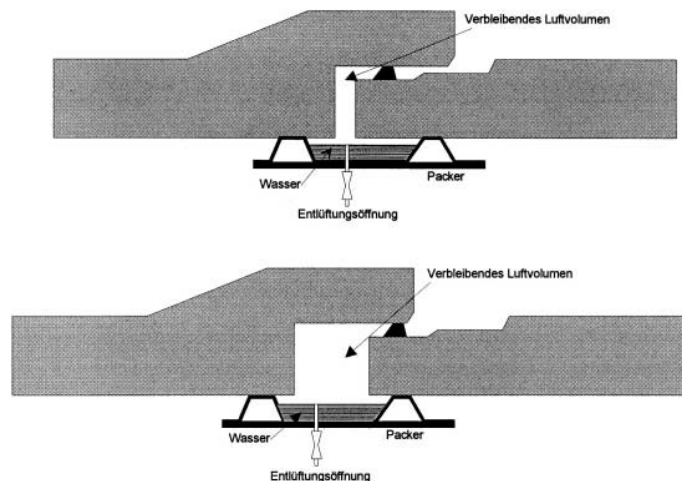


Abb. 5: Schematische Darstellung der im Fugenscheitel eingeschlossenen Luftmenge in Abhängigkeit des Fugenspaltes

Das Prüfmedium Wasser ist nahezu inkompressibel, so dass der Verlust einer kleinen Wassermenge bereits den vollständigen Druckverlust bedeutet. Die im Fugenspalt eingeschlossene Luftmenge wird jedoch beim Füllvorgang komprimiert und führt beim Verlust kleinerer Wassermengen durch seine Expansion zu einem kontinuierlichen Druckabfall. Der gemessene Druckabfall ist somit eine direkte Funktion der Fugenspaltbreite. Je größer das verbleibende Luftvolumen ist, desto langsamer wird der aus dem Verlust kleiner Wassermengen resultierende Druckabfall sein, sodass eine reproduzierbare Beurteilung der Dichtheit der geprüften Rohrverbindungen nicht gegeben ist.

Bezüglich der Wasserdruckprüfung an einzelnen Rohrverbindungen werden in der DIN EN 1610 folgende Aussagen getroffen:

"... Falls nicht anders angegeben, kann die Prüfung von einzelnen Verbindungen anstatt der Prüfung der gesamten Rohrleitung, üblicherweise > DN 1000, anerkannt werden. Für die Prüfung von Rohrverbindungen ist die Oberfläche für die Prüfung "W" entsprechend der Oberfläche eines 1m langen Rohrabschnittes zu wählen. Die Prüfungsanforderungen entsprechen denen nach 10.2.4 (haltungs- bzw. abschnittsweise Dichtheitsprüfung) mit einem Prüfdruck von 50 kPa am Rohrscheitel. (...)" Nach Abschnitt 10.2.4 der DIN EN 1610 " ... ist der Prüfdruck mit einer Genauigkeit von 1 kPa (...) durch Auffüllen mit Wasser aufrecht zu erhalten. Die gesamte Wassermenge, die zum Erreichen dieser Anforderung

zugefügt wurde, sowie die jeweilige Druckhöhe sind zu messen und aufzuzeichnen. Die Menge des zugefügten Wassers darf nicht größer sein, als 0,15 l/m² in 30 Minuten (...)"

Die Umsetzung dieses Kriteriums ist aufgrund der hierbei geforderten langen Prüfzeiten von 30 Minuten pro Rohrverbindung nicht unproblematisch. So ergibt sich beispielsweise für die Prüfung der Rohrverbindungen einer 30 m langen Haltung bei einer Rohrlänge von 2,5 m (13 Rohrverbindungen) eine reine Prüfzeit von 7,5 Stunden. Werden dagegen die Prüfzeiten verkürzt, so ergibt sich die Notwendigkeit, extrem geringe Volumenströme (s. Tab. 1) messen zu müssen, wodurch die Anforderungen an die erforderliche Messtechnik stark ansteigen.

3.2 Luftüberdruckprüfungen

In der DIN EN 1610 wird die Muffenprüfung mit Luftüberdruck zwar explizit zugelassen, ein konkretes Dichtheitskriterium wird hier jedoch nicht definiert. Es ist in Absatz 13.2 festgelegt, dass die Durchführung der Prüfung den Grundsätzen der haltungsweisen Dichtheitsprüfung entsprechen muss, die Dichtheitskriterien jedoch im Einzelfall festzulegen sind.

Ein Anfangsdruck p_0 , der den erforderlichen Prüfdruck leicht übersteigt, ist zunächst für 5 Minuten aufrecht zu erhalten. Anschließend ist der Druck entsprechend den Tabellenwerten für die Prüfmethode LA, LB, LC oder LD (s. Tab. 2) einzustellen. Der Druckabfall über die Prüfzeit ist aufzuzeichnen und auf Übereinstimmung mit den tabellarisierten Werten zu prüfen.

Material	Methode	p_0	Δp	Rohrnenweite [DN]						
		[mbar]	[mbar]	100	200	300	400	600	800	1000
Trockene Betonrohre	LA	10	2,5	5	5	5	7	11	14	18
	LB	50	10	4	4	4	6	8	11	14
	LC	100	15	3	3	3	4	6	8	10
	LD	200	15	1,5	1,5	1,5	2	3	4	5
Feuchte Betonrohre	LA	10	2,5	5	5	7	10	14	19	24
	LB	50	10	4	4	6	7	11	15	19
	LC	100	15	3	3	4	5	8	11	14
	LD	200	15	1,5	1,5	2	2,5	4	5	7

Tabelle 2: DIN EN 1610 - Luftüberdruckprüfung - zul. Prüfzeiten in Minuten in Abhängigkeit des Prüfdruckes p_0 [2]

4. Ermittlung von praxisgerechten Dichtheitskriterien zur Muffenprüfung auf der Grundlage der DIN EN 1610

4.1 Wasserdruckprüfungen

Das nachfolgend vorgestellte, zum Patent angemeldete Prüfverfahren [12] stellt eine Kombination der Prüfvorschriften der DIN 4033 und der DIN EN 1610 dar. Während der Prüfung wird kontinuierlich - wie in der DIN EN 1610 gefordert - der Druckverlauf sowie die Wasserzugabe über die Prüfzeit gemessen und aufgezeichnet.

Nennweite [DN]	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Wasserzugabe [l]	0,047	0,094	0,141	0,188	0,236	0,283	0,330	0,377	0,424	0,471
Wasserzugabe [ml/s]	0,026	0,052	0,079	0,105	0,131	0,157	0,183	0,209	0,236	0,262

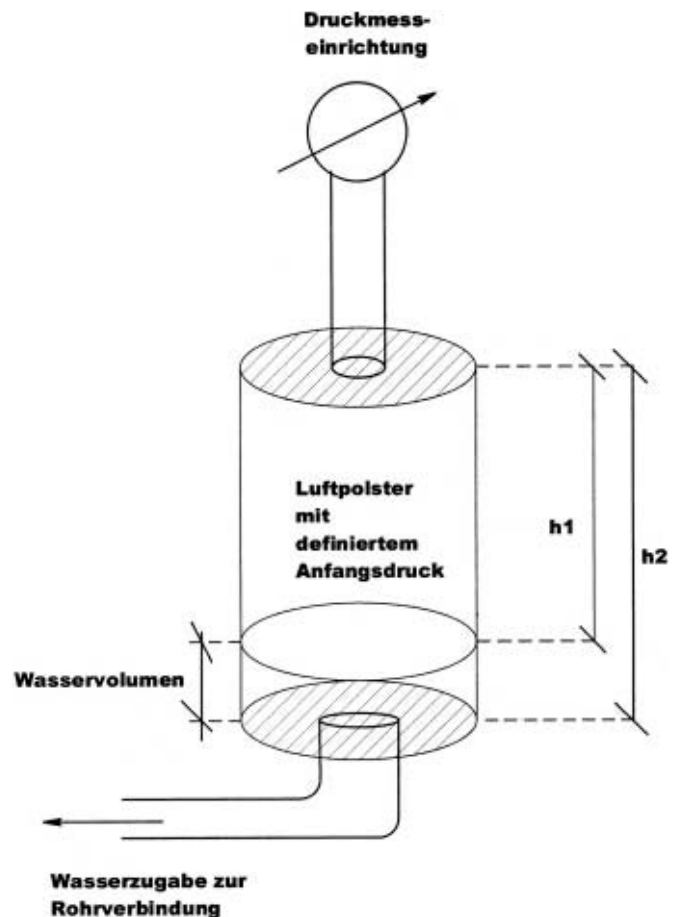


Abb. 6: Prinzipskizze zur Muffenprüfung mit Wasser als Prüfmedium [12]

Nach der Füllung der Rohrverbindung mit dem Prüfmedium wird ein Ausgleichsbehälter mit der zulässigen Wasserzugabe gefüllt. Ein definiertes Luftvolumen oberhalb des Wasserspiegels im Ausgleichsbehälter wird mit einem Prüfdruck von 5,1 kPa beaufschlagt (Abb. 6). Über die Prüfzeit von 30 Minuten wird der Druck in dem Luftvolumen gemessen. Da durch die DIN EN 1610 eine Prüfdruckdifferenz von 1 kPa zugelassen wird, kann ein Druckabfall auf 4,9 kPa akzeptiert werden.

Dieses Messverfahren basiert auf der Grundlage der isothermen Volumenänderungsarbeit nach Boyle-Marriot, nach der die Energiemenge $p \cdot V$ konstant bleibt. Durch die Wasseraufnahme der Rohrverbindung sinkt das Wasservolumen im Ausgleichsbehälter ab, so dass sich das oberhalb des Wasserspiegels liegende Luftvolumen unter gleichzeitigem Druckabfall vergrößert. Das definierte Luftvolumen ist so bemessen, dass die zulässige Druckdifferenz von 2 kPa (= 20 mbar) exakt der zulässigen Wasserzugabe entspricht [13].

Mit diesem Verfahren ist es auch möglich, die langen Prüfzeiten von 30 Minuten zu verkürzen. Unter der Annahme, dass die Wasseraufnahme in der Rohrverbindung linear verläuft, kann die Prüfzeit beispielsweise 5 min - bei einer dann zulässigen Druckdifferenz $p_{zul.} = 3,3$ mbar - betragen. Hierdurch steigen aber die Anfor-

Tabelle 1: Zulässige Wasserzugaben bei der Prüfung von einzelnen Rohrverbindungen nach [11]

derungen an die eingesetzte Prüftechnik an, da in der DIN EN 1610 bezüglich der Messgenauigkeit der eingesetzten Druckmesseinrichtungen eine Messgenauigkeit von 10 % der zulässigen Druckdifferenz, in dem hier gewählten Beispiel 0,3 mbar, gefordert wird.

4.2 Luftüberdruckprüfung

Durch die DIN EN 1610 [2] wird die Muffenprüfung mit Luftüberdruck - insbesondere ab der Nennweite DN 1000 - zwar explizit zugelassen, ein exaktes Dichtheitskriterium wird jedoch nicht definiert. Es wird lediglich festgelegt, dass die Durchführung der Prüfung den Grundsätzen der haltungsweisen Dichtheitsprüfung entsprechen muss, die Dichtheitskriterien jedoch im Einzelfall festzulegen sind.

Aus der nachfolgenden Berechnungsgleichung [1] wird jedoch ersichtlich, dass zwischen dem Prüfvolumen und der sich aus dem Dichtheitskriterium der haltungsweisen Dichtheitsprüfung ergebenden Prüfzeit ein linearer Zusammenhang besteht. Auf die Herleitung dieser Berechnungsgleichung wird an dieser Stelle nicht eingegangen, sie ist in der Literatur jedoch ausreichend diskutiert worden. [15, 16]

$$t = \frac{V_{PR}}{\alpha \cdot A_L \cdot \sqrt{R \cdot T_{amb} \cdot \left(\frac{P_1 \cdot \kappa}{P_2 + (\kappa - 1) \cdot P_1} \right) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \kappa}{\kappa - 1}}}} \cdot \int_{P_1}^{P_2} \frac{dp}{P \cdot \sqrt{\left(\frac{P_{amb}}{P} \right)^\kappa - \left(\frac{P_{amb}}{P} \right)^{\kappa+1}}}$$

mit:

t = Prüfzeit	[s]
V _{PR} = Prüfvolumen	[m ³]
A _L = Leckagefläche	[m ²]
R = spez. Gaskonstante (= 287)	[J/kg K]
T ₁ = Umgebungstemperatur	[K]
K = Isentropenexponent ~ 1,4	[-]
[a] = Widerstandsbeiwert (hier a = 1,0)	[-]
P ₁ = Prüfdruck bei Prüfbeginn	[N/m ²]
P ₂ = Prüfdruck bei Prüfende	[N/m ²]
P = Prüfdruck in Abhängigkeit der Prüfzeit	[N/m ²]
P _{amb} = Umgebungsdruck	[N/m ²]

Überträgt man die Dichtheitskriterien der haltungsweisen Dichtheitsprüfung auf die Muffenprüfung, so ergibt sich beispielsweise für eine Nennweite DN 1000 nach Prüfmethode LD (feuchte Betonrohre), d.h. Prüfdruck 200 mbar, zul. Druckdifferenz 15 mbar, eine Prüfzeit von 7 Minuten; eine Prüfzeit, die erfahrungsgemäß nicht einhaltbar ist. Hierbei bleibt unberücksichtigt, dass bei Muffenprüfungen das Prüfvolumen im Vergleich zur abschnittswisen Dichtheitsprüfung durch den Einsatz des Muffenprüfgerätes deutlich verringert wird (s. Abb. 7).

Während bei einer haltungs- bzw. abschnittswisen Dichtheitsprüfung das Verhältnis zwischen dem Prüfvolumen und der Oberfläche des Prüfraums unabhängig von der Prüflänge immer gleich bleibt, wird dieses Verhältnis durch die Verwendung eines Muffenprüfgerätes verändert.

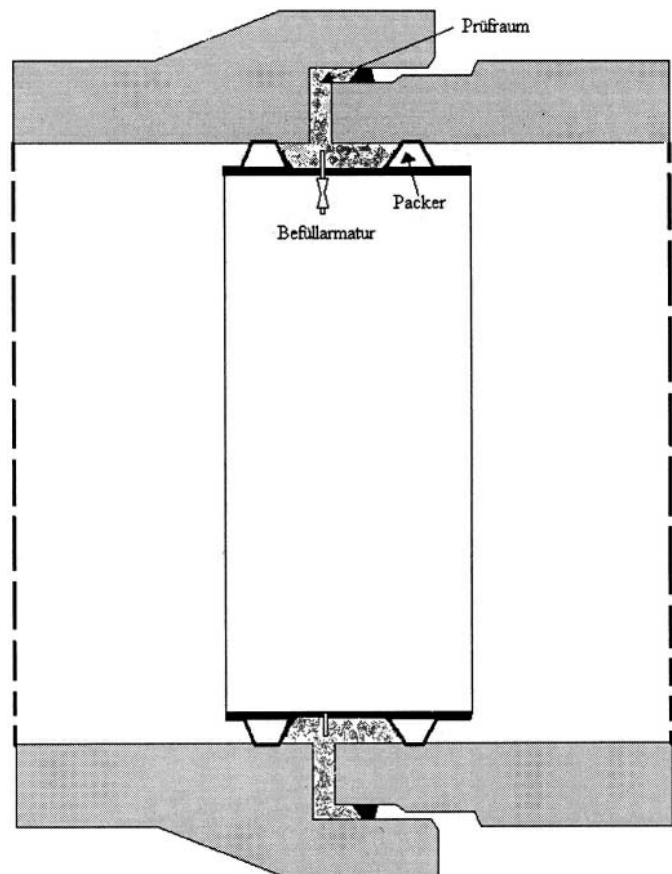


Abb. 7: Prüfraum bei Verwendung eines Muffenprüfgerätes (Skizze nicht maßstäblich)

Da nach der DIN EN 1610 gefordert wird, die Prüfkriterien im Einzelfall auf der Grundlage der Dichtheitskriterien der haltungsweisen Dichtheitsprüfung festzulegen, muss das Prüfvolumen des eingesetzten Muffenprüfgerätes auf das Prüfvolumen einer abschnittswisen Dichtheitsprüfung bezogen werden. Da aber jedes Muffenprüfgerät bauartbedingt ein unterschiedliches Prüfvolumen aufweist, kann kein allgemeingültiges Kriterium aufgestellt werden.

Es muss für jedes Muffenprüfgerät einmal über die nachfolgende Gleichung (2) die zugehörige Prüfzeit berechnet werden:

$$t_M \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right) \cdot t_{DINEN1610}$$

mit:

t _M = erforderliche Prüfzeit in Abhängigkeit des Muffenprüfgerätes
d = Außendurchmesser des Muffenprüfgerätes
D = Innendurchmesser der geprüften Haltung
t _{DINEN1610} = tabellarisierte Prüfzeit in Abhängigkeit der Nennweite nach DIN EN 1610

Für das oben angeführte Beispiel der Muffenprüfung DN 1000 ergeben sich somit unter Berücksichtigung der gerätespezifischen Randbedingungen (Außendurchmesser d = 900 mm) folgende Prüfzeiten nach DIN EN 1610, Prüfmethode LD, feuchte Betonrohre:

$$t_M = \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right) \cdot t_{DINEN1610} = \left(1 - \frac{0,9^2}{1^2} \right) \cdot 7 = 1,33 \text{ min.}$$

Literatur

- [1] DIN 4033:
Entwässerungskanäle und -leitungen, Richtlinien für die Ausführung (11.79).
- [2] DIN EN 1610:
Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen (10.97).
- [3] DIN EN 752:
Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden (05.94).
- [4] ATV - Arbeitsblatt A 139:
Richtlinie für die Herstellung von Entwässerungskanälen und -leitungen (10/89).
- [5] Wasserhaushaltsgesetz (WHG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 23.9. 1986 (BGBl. 111 753-1).
- [6] Salzwedel, J.:
Haftungsrechtliche Fragen undichter Kanäle. Zeitschrift für angewandte Umweltforschung (ZAU) 1 (1988) Sonderheft 1, S.23-30.
- [7] Lübbe-Wolff, G.:
Rechtsfragen der Kontrolle undichter Grundstücksentwässerungskanäle. In: Schrader, C.(Hrsg.): Kanalsanierung.
- [8] Verordnung des Umweltministeriums über die Eigenkontrolle von Abwasseranlagen (Eigenkontroll VO) für Baden-Württemberg, 08.89.
- [9] Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen - Landesbauordnung (BauO NW). Gesetz-und Verordnungsblatt für das Land Nordrhein-Westfalen, Nr.29, 13.4. 1995.
- [10] Stein, D.:
Instandhaltung von Kanalisationen. 3. erweiterte und überarbeitete Auflage, Verlag ErnstSohn, Berlin 1999.
- [11] Kaufmann, O.:
Dichtheitsprüfungen an Abwasserkanälen und -leitungen. Schriftenreihe aus dem Institut für Rohrleitungsbau an der Fachhochschule Oldenburg IRO, Band 18. Vulkan-Verlag Essen, 1999.
- [12] Firmeninformation städtler + beck GmbH, Speyer.
- [13] Kaufmann, O.:
Seminarvortrag im Rahmen der Intensivschulung "Theoretische Grundlagen der Dichtheitsprüfung", städtler + beck, Speyer 16.7. 1999.
- [14] Kaufmann, O.:
Zur Dichtheitsprüfung von Rohren mit Hilfe von Luftüber- und Unterdruck, Dissertation, Ruhr-Universität Bochum, 1997.
- [15] Stein, D.; Kaufmann, O.:
Dichtheitsprüfung an erdverlegten Leitungen - Zwischenbericht. Documentation; 4. internationale Leitungsbautage, Hamburg, 16. bis 20. Oktober 1994.
- [16] Stein, D.; Kaufmann, O.:
Dichtheitsprüfungen an bestehenden Kanälen - Stand der Forschung. Korrespondenz Abwasser (1995), H.4.
- [17] Stein, D.; Kaufmann, O.:
Entwicklung und Erprobung von Verfahren zur Dichtheitsprüfung bei im Rahmen des Förderschwerpunktes entwickelten Kanalsanierungstechniken. Schlussbericht zum Forschungsvorhaben 02-WK9174/7 des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Bochum 1996.

Autoren

Dr.-Ing. Olaf Kaufmann
Viktorastraße 49
44787 Bochum

Dipl.-Betriebsw. Thomas Stevens
Geschäftsführer städtler + beck GmbH
Boschstraße 24
67346 Speyer

Beiträge in gwf-Wasser/Abwasser, Heft 2/2000

- | | |
|----------------------|---|
| <i>Fuhrmann</i> | Wissenschaftlich-technologische Zusammenarbeit zwischen Japan und der Bundesrepublik Deutschland auf dem Gebiet Wassertechnologie und Schlammbehandlung |
| <i>Imhoff</i> | Stand der deutschen Wassertechnik und voraussichtliche künftige Entwicklung |
| <i>Bauer</i> | Die neue Umweltpolitik der deutschen Regierung - Vorrang für Umweltinnovationen - deutsche Ziele für Infrastruktur und internationale Zusammenarbeit |
| <i>Uhlenhut u.a.</i> | Neuer kinetischer Modellansatz zur Beschreibung der Nitrifikation |
| <i>Hoyer/Karanis</i> | Untersuchungen über die Entnahmewirksamkeit der Fibrotexfiltration für Cryptosporidium-Oozysten aus trübstoff armem Wasser nach Flockenfiltration |