



# **LEITFADEN ZUR AUSWAHL VON ROHRWERKSTOFFEN FÜR KOMMUNALE ENTWÄSSERUNGSSYSTEME**

## **TEILEXPERTISE**

### **„Abriebfestigkeit“**

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

Bochum, 06. Dezember 2004

## 1 Einleitung

Verschleiß ist der fortschreitende Materialverlust aus der Oberfläche eines festen Körpers, hervorgerufen durch mechanische Ursachen, d.h. Kontakt und Relativbewegung eines festen, flüssigen oder gasförmigen Gegenkörpers. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird der Begriff „Verschleiß“ sowohl für den Vorgang des Verschleißes als auch für das Ergebnis verwendet. Das durch den Verschleißvorgang abgetragene Material wird als Abrieb bezeichnet [1].

Im Falle der Abwasserkanäle findet der Verschleiß im Bereich der benetzten Rohrinnefläche und hier vorwiegend im Sohlenbereich statt. Er ist durch einen Materialabtrag (Abrieb) messbar und führt zu einer Erhöhung der Wandrauheit und im Extremfall zu einer Zerstörung der Rohre. Die üblicherweise verwendete Verschleiß-Messgröße ist die Reduzierung der Wanddicke des verschleißenden Körpers (Abwasserrohr), die als Verschleißbetrag (Absolutwert) bzw. als Verschleißrate (z.B. Abtrag [mm] pro  $10^5$  Lastspiele) angegeben wird [1].

Rohre für Abwasserkanäle und -leitungen müssen deshalb nach DIN EN 476 [2] und DIN EN 14457 [3] dem Abrieb durch Feststoffe im häuslichen Schmutzwasser und Oberflächenwasser widerstehen. Dadurch soll verhindert werden, dass die eingesetzten Werkstoffe innerhalb der geforderten Nutzungsdauer durch Abrieb ihre Funktion bezüglich Dichtheit und/oder statischer Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit verlieren.

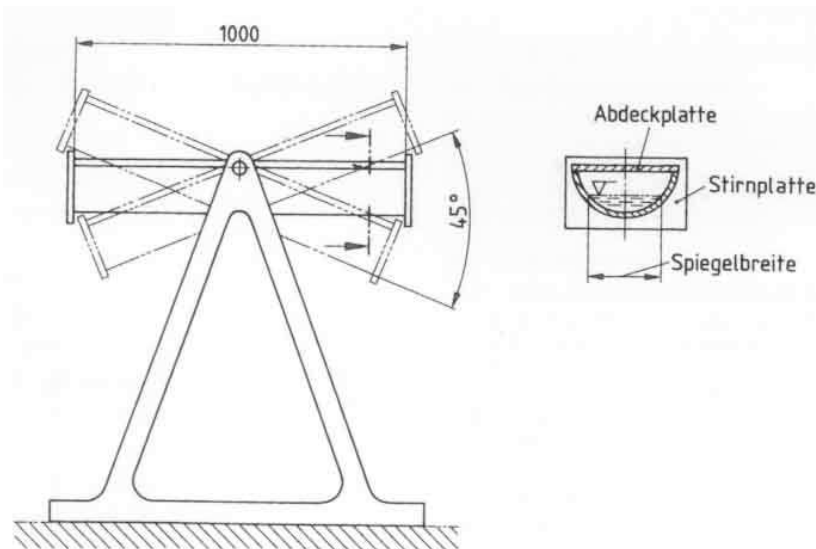
Beim Transport von Wasser-Feststoffgemischen, wie er bei Kanälen üblich ist, wird der Verschleiß vorwiegend von verschiedenen im Abwasser mitgeführten Stoffen, wie z.B. Sand, Kies, feste Metallteile, Textilien usw. hervorgerufen. Er ist im vorliegenden Anwendungsfall abhängig von [1]:

- Rohrwerkstoff
- Rohrnennweite DN/ID
- Spannungs- bzw. Dehnungszustand des Rohrwerkstoffes
- Dichte des Wasser-Feststoffgemisches
- Zusammensetzung des Wasser-Feststoffgemisches,
- Art, Größe, Form, Zähigkeit und Verteilung der Feststoffteilchen

- Angriffswinkel zwischen Feststoffteilchen und Rohrwand
- Fließgeschwindigkeit
- Art der Strömung (laminar/turbulent)
- Temperatur des Wasser-Feststoffgemisches
- Chemismus des Abwassers.

Nach ATV-A 118 [4] können Fließgeschwindigkeiten von 6 m/s bis 8 m/s bei entsprechender Wahl des Rohrwerkstoffes zugelassen werden. Daraus kann abgeleitet werden, das mit Verschleiß insbesondere bei Steilstrecken und in Krümmern gerechnet werden muss.

In den Produktnormen können Abriebfestigkeitsprüfungen vorgeschrieben werden [2, 3]. Bei der Prüfung von Rohren für den Bau von Abwasserleitungen und -kanälen kommt in der Regel hierfür der Darmstädter Kipprinnenversuch nach DIN EN 295-3 [5] bzw. DIN 19565-1 [6] (beide identisch) zur Anwendung. Dabei wird der mechanische Verschleiß (Abrieb) an einer entsprechenden Rohrhalbschale (bevorzugt DN/ID 200 bis 400) von etwa 1000 mm Länge festgestellt, welche in den Versuchsstand eingebaut und anschließend über eine Exzenterwelle um jeweils 22,5° gegen die Horizontale hin und her gekippt wird (Bild 1). In der Halbschale befindet sich ein definiertes Gemisch aus Wasser und verschiedenen Zuschlagstoffen, durch welches beim Kippen der mechanische Angriff entsteht. Der Versuch wird mit mindestens 100.000 (nach DIN EN 295-3 [5]) bzw. 200.000 (nach DIN 19565-1 [6]) und mehr Lastspielen gefahren. Der mittlere Abrieb wird nach Erreichen der jeweiligen Lastspielzahlen mittels mechanischer Messuhren, die über eine Messbrücke geführt werden, an vorher festgelegten Stellen in der Sohllinie auf einer Länge von 700 mm als Mittelwert aus mehreren Messungen (in der Regel 15) bestimmt.



**Bild 1** Aufbau des Darmstädter Kippinnenversuches nach DIN 19565-1 [6]

## **2 Analyse der verschiedenen Werkstoffe bezüglich der Abriebfestigkeit**

### **2.1 Beton-/Stahlbetonrohre**

Sowohl in DIN EN 1916 [7] als auch in der FBS-Qualitätsrichtlinie Teil 1 [8] sind keine Anforderungen bezüglich der Abriebfestigkeit enthalten. DIN V 1201 [9] gibt im Abschnitt 4.3.12 „Abriebfestigkeit (Rohre Typ 2)“ jedoch den Hinweis, dass Beton-, Stahlfaser- oder Stahlbetonrohre Typ 2 (Anmerkung: Rohre mit erhöhten Anforderungen und erhöhter Widerstandsfähigkeit gegen chemisch mäßig angreifende Umgebung), hergestellt aus einem Beton C 40/50, beständig gegenüber den in üblichen Abwasserkanälen auftretenden Abriebbeanspruchungen sind. Bei hohen Fließgeschwindigkeiten größer als 10 m/s und extremer Feststofffracht sind zusätzliche Nachweise und geeignete Prüfverfahren zu vereinbaren [9].

Zahlenwerte für den mittleren Abrieb (absolute Werte a) von Betonrohren (mindestens C 40/50) nach 100.000 Lastspielen in der Darmstädter Kipprinne werden in der Literatur zwischen 0,2 mm und 0,3 mm angegeben (Bild 2) [10, 11].

## 2.2 Steinzeugrohre

Kennzeichnende Werte für den mittleren Abrieb von Steinzeugrohren (100.000 Lastspiele) nach DIN EN 295-1 [12] liegen nach DIN EN 295-3 [5] zwischen 0,2 mm und 0,5 mm (Bild 2).

Unglasierte Steinzeugrohre weisen eine geringere Abriebfestigkeit auf, hier kann der mittlere Abrieb nach 100.000 Lastspielen zwischen 0,5 und 0,9 mm betragen [13].

## 2.3 Polymerbetonrohre

Polymerbetonrohre sind in DIN 54815-2 [14] genormt. Vorgaben bezüglich der Abriebfestigkeit sind darin nicht enthalten. Einem in der Bundesrepublik Deutschland ansässigen Hersteller von Polymerbetonrohren wird in einem Prüfzeugnis der MPA NRW in Dortmund vom 13.09.1996 bescheinigt, dass ein mittlerer Abrieb nach 100.000 Lastspielen von drei Proben (Rohrhalbschalen DN/ID 400) mit durchschnittlich 0,43 mm ermittelt wurde. Bei Rohrhalbschalen DN/ID 250 wurde ein mittlerer Abrieb von 0,38 mm gemessen (in beiden Fällen Prüfung nach DIN EN 295-3 [5]) [15].

## 2.4 Duktile Gussrohre

Mit Tonerdezementmörtel (CMA, früher TZ) beschichtete duktile Gussrohre für Abwasserleitungen und -kanäle dürfen nach dem in DIN EN 598 [16] (s. dort Abschnitt 7.8 „Abriebfestigkeit“) beschriebenen Kipprinnenversuch (identisch mit DIN EN 295-3 [5] bzw. DIN 19565-1 [6]) nach 100.000 Lastspielen keine größere Abrieftiefe als 0,6 mm (Mittelwert aus 15 Messungen) aufweisen (s. dort Abschnitt 5.7 „Abriebfestigkeit“). Die Abriebfestigkeit des Tonerdezementmörtels liegt um den Faktor 2 bis 2,5 mal höher als die des HOZ (Hochofenzementes). Übliche mittlere Abriebwerte liegen nach Auskunft eines Gussrohr-Herstellers für mit CMA beschichtete Rohre unter 0,1 mm nach 100.000 Lastspielen (Bild 2) [17].

Unbeschichtete duktile Gussrohre (diese werden jedoch nicht als Kanalrohre eingesetzt) weisen einen um ein Vielfaches höheren Abrieb auf, der sich nach 100.000 Lastspielen im Größenbereich von 6 mm bewegen kann [13].

## 2.5 GFK-Rohre

Die Prüfung der Abriebfestigkeit erfolgt bei GFK-Rohren mit Hilfe des Darmstädter Kipprinnenversuches nach DIN 19565-1 [6] (identisch mit dem Versuch nach DIN EN 295-3 [5], s. Bild 1).

Dabei traten beispielsweise folgende Werte für den mittleren Abrieb bei zwei verschiedenen Herstellern auf (in keinem der Fälle wurde die harzreiche Innenschicht freigelegt):

- 0,2 mm nach 100.000 Lastspielen (Versuchsanstalt: James Hardie Research and Engineering Laboratory, Australien) [18]
- 0,42 mm nach 100.000 Lastspielen (Versuchsanstalt: Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität Darmstadt) [19].

## 2.6 PVC-U-Rohre

In DIN EN 1401 [20] heißt es, dass Rohre und Formstücke nach dieser Norm abriebfest sind. Unter bestimmten Bedingungen kann die Abriebfestigkeit nach dem in DIN EN 295-3 [5] beschriebenen Prüfverfahren ermittelt werden.

Übliche Werte für den mittleren Abrieb liegen für PVC-U bei etwa 0,15 bis 0,2 mm nach 100.000 Lastspielen (s. Bild 2).

## 2.7 PE-Rohre

Nach Anhang A.6 „Abriebfestigkeit“ der DIN EN 12666-1 [21], in der PE-Rohre für erdverlegte Abwasserkanäle genormt sind, sind Rohre und Formstücke abriebfest. Unter bestimmten Bedingungen kann der Abrieb nach dem in DIN EN 295-3 [5] beschriebenen Prüfverfahren ermittelt werden.

Nach Angaben eines Herstellers [22] betragen die üblichen Abriebwerte (mittlerer Abrieb a) für PE-HD-Rohre nach 100.000 Lastspielen ca. 0,07 mm (s. Bild 2).

## 2.8 PP-Rohre

Nach Anhang A.6 „Abriebfestigkeit“ der DIN EN 1852-1 [23], in der PP-Rohre für erdverlegte Abwasserkanäle genormt sind, sind Rohre und Formstücke abriebfest. Unter bestimmten Bedingungen kann der Abrieb nach dem in DIN EN 295-3 [5] beschriebenen Prüfverfahren ermittelt werden.

Nach Angaben eines Herstellers [24] betragen die üblichen Abriebwerte (mittlerer Abrieb  $a$ ) für profilierte Vollwandrohre DN/ID 200 aus PP-B (Polypropylen-Block-Copolymer) oder Polypropylen Typ 2 (s. DIN 8078 [25]) nach 100.000 Lastspielen 0,064 mm (s. Bild 2).

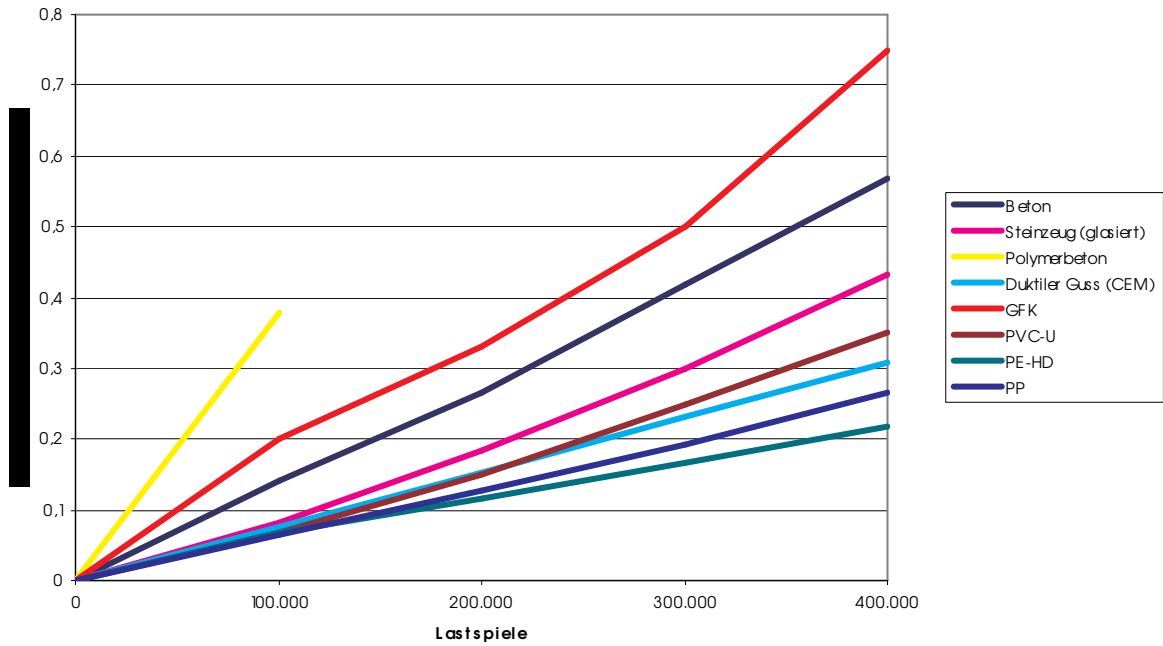
## 3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Beispiele von absoluten mittleren Abriebwerten  $a$  (Ergebnisse von Darmstädter Kippinnenversuchen nach DIN EN 295-3 [5] bzw. DIN 19565-1 [6]) der in den vorangegangenen Abschnitten diskutierten verschiedenen Rohrwerkstoffe sind im Bild 2 gegenübergestellt.

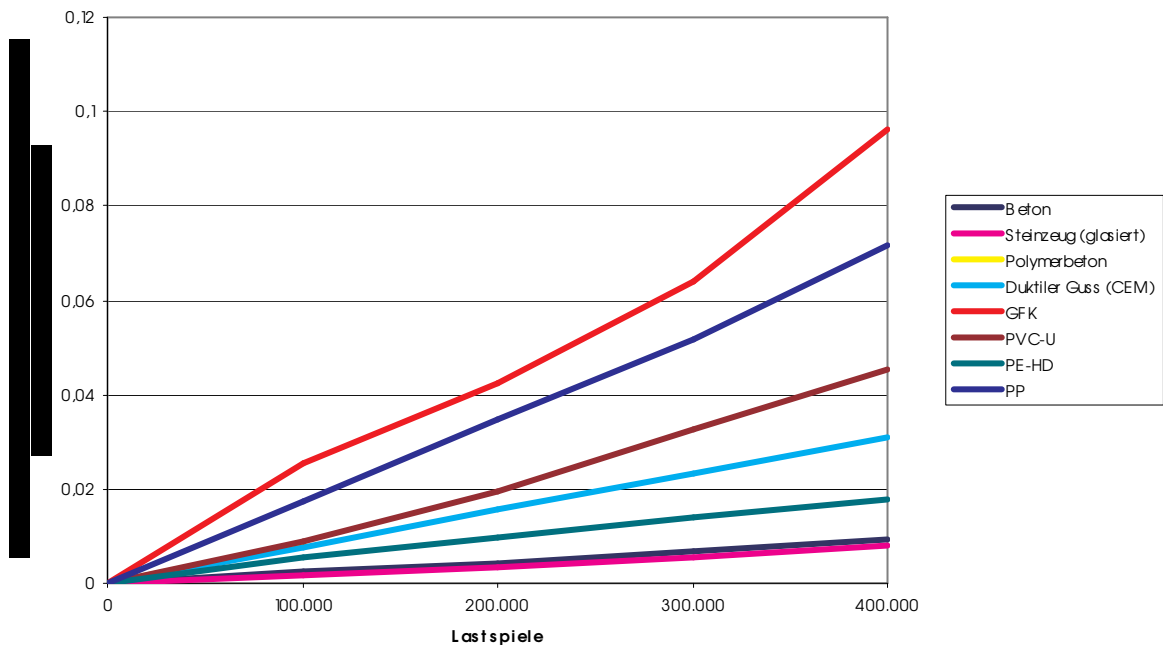
Aussagekräftiger – insbesondere unter dem Aspekt der Dauerhaftigkeit – sind die relativen, d.h. auf die Rohrwanddicke (bei Gussrohren einschließlich der CEM-Schichtdicke) bezogenen Abriebwerte. Im Bild 3 sind beispielhaft relative mittlere Abriebwerte  $a'$  dargestellt, berechnet für Rohre mit Kreisquerschnitt DN/ID 300 mit werkstoffüblichen Wanddicken.

Anmerkung:

Die Kurven im Bild 2 sowie Bild 3 wurden aus Durchschnitts- bzw. Anhaltswerten aus Literaturangaben [10, 11] und diversen Firmeninformationen [13, 15, 17, 18, 19, 22, 24] generiert, welche in Abhängigkeit von Hersteller, Werkstoffzusammensetzung und -qualität, Rohrnennweite etc. mehr oder minder großen Schwankungen unterliegen können.



**Bild 2** Abriebkurven (absolute Werte a) verschiedener Werkstoffe in Abhängigkeit der Lastspiele



**Bild 3** Abriebkurven (auf die Wanddicke bezogene relative Werte a') verschiedener Werkstoffe in Abhängigkeit der Lastspiele



Der Abrieb in Abwasserkanälen und -leitungen führt i.A. nur in Ausnahmefällen, z.B. extremen Steilstrecken (Fließgeschwindigkeiten  $> 8$  m/s, s. ATV-118 [26]) oder Krümmungen bzw. Krümmern und gleichzeitig hohem Feststoffgehalt des abzuleitenden Abwassers, zum Verschleiß im Bereich der benetzten Rohinnenfläche und damit zu Schäden. Bei Kanälen mit den für ablagerungsfreien Betrieb üblichen Gefällen von 1 bis 3 Promille sind nennenswerte, durch Abrieb hervorgerufene Abtragsraten, unabhängig von Rohrwerkstoff und Nennweite, praktisch nicht feststellbar.

Die mittleren absoluten Abriebwerte  $a$  der oben betrachteten Rohrwerkstoffe bewegen sich unter normalen Betriebsbedingungen (s. Abriebkurven im Bild 2 bzw. Werte bei 100.000 Lastspielen) im zulässigen bzw. vom Betreiber im in der Regel tolerierbaren Bereich, so dass sie keine nachteiligen Auswirkungen auf den Abfluss bzw. die Ableitung des Abwasser nach sich ziehen.

#### **Fazit:**

FBS-Beton- und Stahlbetonrohre sind für Fließgeschwindigkeiten bis ca. 10 m/s geeignet. Erst bei noch höheren Geschwindigkeiten und bei extremer Sandfracht kommt der Abriebfestigkeit eine besondere Bedeutung zu. Bezieht man den an sich schon sehr kleinen absoluten Abriebwert auf die großen Wanddicken der Beton- und Stahlbetonrohre mit ihrer homogenen Werkstoffstruktur, so wird deutlich, dass diese Rohre eine extrem hohe Sicherheit gegen Abrieb aufweisen.

## 4 Literatur

---

- [1] Stein, D.: Instandhaltung von Kanalisationen, 3. Auflage. Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1998.
- [2] DIN EN 476: Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserkanäle und -leitungen für Schwerkraftentwässerungssysteme (08.1997).
- [3] DIN EN 14457: Allgemeine Anforderungen an Bauteile, die bei grabenlosem Einbau von Abwasserleitungen und -kanälen verwendet werden (Norm-09.2004).
- [4] Arbeitsblatt ATV-A 118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen (11.1999).
- [5] DIN EN 295-3: Steinzeugrohre und Formstücke sowie Rohrverbindungen für Abwasserleitungen und -kanäle – Teil 3: Prüfverfahren (02.1999).
- [6] DIN 19565-1: Rohre und Formstücke aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen; geschleudert, gefüllt; Maße, Technische Lieferbedingungen (03.1989).
- [7] DIN EN 1916: Rohre und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton (04.2003).  
DIN EN 1916 Berichtigung 1: Berichtigungen zu DIN EN 1916 (05.2004).
- [8] FBS-Qualitätsrichtlinie (FBS QR) – Teil 1: Rohre und Formstücke aus Beton und Stahlbeton in FBS-Qualität für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen – Ausführungen, Anforderungen und Prüfungen (09.2004).
- [9] 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 (08.2004).

- 
- [10] Dallwig, H.-J.: Neuere Untersuchungen über Abriebfestigkeit von Rohren. Wasser und Boden (1978), H. 10, S. 258–260.
- [11] Stein, D., Niederehe, W.: Rohrwerkstoffe im Abwasserleitungsbau. Teil 1: Taschenbuch für den Tunnelbau 1981, S. 474–489. Teil 2: Taschenbuch für den Tunnelbau 1982, S. 385–406. Verlag Glückauf, Essen.
- [12] 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).
- [13] Firmeninformation James Hardie Research and Engineering Laboratory, Australien (ohne Jahr).
- [14] DIN 54815: Rohre aus gefüllten Polyesterharzformstoffen. Teil 1: Maße, Werkstoff, Kennzeichnung (11.1998). Teil 2: Anforderungen, Prüfung (11.1998).
- [15] Firmeninformation Meyer Rohr + Schacht GmbH, Lüneburg.
- [16] DIN EN 598: Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasser-Entsorgung – Anforderungen und Prüfverfahren (11.1994).
- [17] Firmeninformation Saint-Gobain Gussrohr, Saarbrücken und Gelsenkirchen (ehemals Thyssen Guss AG, Schalker Verein).
- [18] Firmeninformation Hobas Rohre GmbH, Neubrandenburg.
- [19] Firmeninformation Flowtite Rohre Deutschland GmbH, Großsteinbach.
- [20] DIN EN 1401: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte drucklose Abwasserkanäle und -leitungen – Weichmacherfreies Polyvinylchlorid (PVC-U) Teil 1: Anforderungen an Rohre, Formstücke und das Rohrleitungssystem (12.1998) Teil 2: Empfehlungen für die Beurteilung der Konformität (Vornorm 09.2000)

Teil 3: Empfehlungen für die Verlegung (Vornorm 10.2001).

- [21] DIN EN 12666-1: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen – Polyethylen (PE). Teil 1: Anforderungen an Rohre, Formstücke und das Rohrleitungssystem (Entwurf 02.97).
- [22] Firmeninformation Simona AG, Kirn.
- [23] 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).
- [24] Firmeninformation Uponor Anger GmbH, Marl.
- [25] DIN 8078: Rohre aus Polypropylen (PP) – PP-H (Typ 1), PP-B (Typ 2), PP-R (Typ 3) – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung (04.1996).
- [26] Arbeitsblatt ATV-A 118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen (11.1999).