



LEITFADEN ZUR AUSWAHL VON ROHRWERKSTOFFEN FÜR KOMMUNALE ENTWÄSSERUNGSSYSTEME

TEILEXPERTISE

„Thermisches Verhalten“

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, 02. Dezember 2004

1 Einführung in das Thema

Das Temperaturverhalten bzw. die thermische Widerstandsfähigkeit der in Kanalisationen eingesetzten Rohre ist wichtig, um eine schadlose Ableitung des anfallenden Abwassers zu gewährleisten.

Nach DIN 1986-3 [1] soll die Abwassertemperatur an der Grundstücksgrenze vor Einleitung in einen öffentlichen Abwasserkanal 35 °C nicht überschreiten.

Rohre, Formstücke und Rohrverbindungen für Abwasserleitungen und –kanäle mit Ausnahme derjenigen für Regenwassersysteme müssen nach DIN EN 476 [2] für eine zeitweise, maximale Abwassertemperatur von 95 °C an der Eintrittsstelle in das Rohrsystem geeignet sein.

DIN EN 14457 [3] schreibt diesbezüglich weniger streng vor, das Vortriebsrohre und Verbindungen mit Nennweiten \leq DN/ID 200 für einen ständigen Abfluss mit einer Temperatur von 45 °C, solche mit einer Nennweite $>$ DN/ID 200 für eine Wassertemperatur von 35 °C geeignet sein müssen.

Temperaturwiderstandsprüfungen können in den jeweiligen Produktnormen angegeben werden [3]. In DIN EN 476 [2] ist im Abschnitt 8.2 „Wechselbeanspruchung mit erhöhter Temperatur“ eine diesbezügliche Prüfung beschrieben, bei der unter den vorgegebenen Prüfbedingungen keine Undichtigkeiten an der aus montierten Rohren und Formstücken bestehenden Prüfanordnung auftreten dürfen.

Neben dem eigentlichen Rohr(werkstoff) muss auch die Dichtung in der Rohrverbindung den Temperaturanforderungen genügen, um eine Dichtheit des Rohrleitungssystems zu gewährleisten. DIN 681 [4] spezifiziert die Anforderungen an die Werkstoffe von Elastomer-Dichtungen, die für Systeme zur Entwässerung, Kanalisation und Regenwasserableitung verwendet werden. Die Dichtungen sind nicht Gegenstand der nachfolgenden Ausführungen.

In der Praxis wird im Zusammenhang mit der maximalen Temperatur des abzuleitenden Abwassers immer wieder die Brandgefahr von Abwasserkanalrohren diskutiert, da Unfälle bewiesen haben, dass in die Kanalisation einfließende (Bild 1), brennende Kraftstoffe auch im Kanal – trotz der teilweise erheblichen

Sauerstoffzehrung – mit offener Flamme weiterbrennen können (die Zuführung des Sauerstoffes erfolgt dann über Schachtabdeckungen, Straßenabläufe bzw. über den nicht mit Wasser gefüllten Gasraum im oberen Teil des Abwasserkanals) [5, 6].



Bild 1 Schaumangriff der Konstanzer Feuerwehr beim Tanklaster-Unglück in Kreuzlingen, Schweiz, um einen Brand/Verpuffung nach dem Einfließen von Benzin in die örtliche Kanalisation zu verhindern (Quelle: Freiwillige Feuerwehr Konstanz, N. Schutzbach)

Aus diesem Grund sollen bezüglich des thermischen Verhaltens die o.g. zwei Aspekte in die nachfolgende Werkstoffanalyse einbezogen werden:

- Temperaturverhalten (mit Bezug auf die abzuleitende Abwassertemperatur)
- Brandverhalten.

2 Analyse der verschiedenen Werkstoffe bezüglich des thermischen Verhaltens

2.1 Temperaturverhalten

2.1.1 Beton-/Stahlbetonrohre

Ergänzend zu DIN EN 1916 [7] sind nach DIN V 1201 [8] Beton-, Stahlfaserbeton- und Stahlbetonrohre geeignet für einen ständigen Abfluss mit einer Wassertemperatur von 45 °C für Rohre \leq DN/ID 200 und mit einer Wassertemperatur von 35 °C für Rohre $>$ DN/ID 200. An der Eintrittsstelle in das Rohrsystem kann bei kurzfristiger Beanspruchung eine Abwassertemperatur von 95 °C aufgenommen werden.

2.1.2 Steinzeugrohre

In DIN EN 295-1 [9] bzw. WN 295-1 [10] sind keine Angaben für maximale Abwassertemperaturen für die eigentlichen Abwasserrohre aus dem Werkstoff Steinzeug enthalten. Die Angaben zur Temperaturbeständigkeit in DIN EN 295-1 [9], beziehen sich speziell auf die Rohrverbindungen, können nach Angaben eines Herstellers [11] jedoch entsprechend auf die Rohre übertragen werden.

Nach Abschnitt 3.8 „Temperaturwechselbeständigkeit“ dieser Norm müssen Rohrverbindungen von Steinzeugrohren zyklischen Temperaturwechseln zwischen -10 °C und +70 °C ohne sichtbare Beeinträchtigung und dicht widerstehen [9].

Nach Abschnitt 3.9 „Temperaturbeständigkeit“ müssen Rohrverbindungen einer Langzeit-Temperaturbeanspruchung von sieben Tagen bei einer Temperatur von 45 °C + 5 °C – 0 °C widerstehen [9].

2.1.3 Polymerbetonrohre

DIN 54815-2 [12] enthält keine Angaben zur maximal zulässigen Temperatur für das durch Polymerbetonrohre abzuleitende Abwasser.

In den Güte- und Prüfbestimmungen [13] für Polymerbetonrohre eines in der Bundesrepublik Deutschland ansässigen Herstellers [14] heißt es im Abschnitt 3.8 „Temperaturverhalten“:

„Die Abwasserrohre und Formstücke müssen für Wassertemperaturen von +45 °C, bei einer Temperatur von 10 °C geeignet sein. (...)“

2.1.4 Duktile Gussrohre

DIN EN 598 [15] enthält keine speziellen Anforderungen an die maximale Temperatur des durch duktile Gussrohre mit CEM-Beschichtung (CEM = Tonerde(schmelz)zement) abzuleitenden Abwässer.

In DIN 2614 „Zementmörtelauskleidungen für Gussrohre, Stahlrohre und Formstücke“ [16] werden bezüglich des Temperaturverhaltens der „Zementmörtelauskleidung“ u.a. folgende Anforderungen gestellt:

„Unter Berücksichtigung aller möglichen Einflüsse sind die Zementmörtelauskleidungen (...) für Abwassertemperaturen bis etwa 50 °C geeignet.“

2.1.5 GFK-Rohre

Duroplastische Kunststoffrohre, Formstücke und Rohrverbindungen aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK bzw. UP-GF) nach DIN 19565-1 [17] müssen für Wassertemperaturen von 45 °C bei einer Umgebungstemperatur von 10 °C geeignet sein [17].

2.1.6 PVC-U-, PE- und PP-Rohre

In DIN EN 1401 [18] bzw. DIN 8061 [19] (für PVC-U-Rohre) und DIN EN 12666-1 [20] bzw. DIN 8075 [21] (für PE-Rohre) sowie DIN EN 1852-1 und DIN 8078 (für PP-Rohre) sind keine speziellen Angaben bezüglich der maximalen Temperatur des abzuleitenden Abwassers enthalten. Diese Kunststoffrohre müssen jedoch für die im Abschnitt 1 aufgeführten Abwassertemperaturen geeignet sein.

Der Fachverband Kunststoffrohr-Industrie e.V. schreibt in seinem aktuellen Handbuch [22]:

„Bei thermoplastischen Werkstoffen (...) ist die Korrelation von Druck, Temperatur und Zeit von besonderer Bedeutung. Ausgehend von der Temperatur 20 °C, folgt bei zunehmender Temperatur eine Verminderung der Druckbelastbarkeit.“

2.2 Brandverhalten

Die einzige veröffentlichte Studie zum Brandverhalten von Rohren basiert auf den Untersuchungen der American Concrete Pipe Association (ACPA), USA aus dem Jahre 1982 [23]. Diese hat Labor-Brandprüfungen unter nach ANSI/ASTM Standard E 84 [24] genormten bzw. standardisierten Prüfbedingungen bei Dauerbeflammung durchgeführt und die Flammenausbreitung („Flamespread Value“) und die Rauchentwicklung („Smoke Density Factor“) von ca. 1,22 m (4 ft) langen Rohr-Halbschalen von acht verschiedenen Rohrwerkstoffen untersucht.

Für die Klassifikation und Einordnung des „Flamespread Value“ und „Smoke Density Factor“ bei den Brandversuchen wurden als Referenzwerte die einer Asbestzementplatte (Referenzwert 0) sowie einer Roteichen-Fußbodendiele (Referenzwert 100) herangezogen.

Das Brandpotenzial jedes einzelnen Rohrwerkstoffes war zusätzlich gemäß der „National Fire Protection Association“ (NFPA) entsprechend ihres Brandverhaltens bei Gebäudebränden in Brandklassen nach NFPA No. 101 [25] eingeteilt (klassifiziert) und definiert (Tabelle 1).

Tabelle 1 Brandklassen in Abhängigkeit von Flammenausbreitung („Flamespread Value“) und Rauchentwicklung („Smoke Density Factor“) nach NFPA No. 101 [25]

Brandklasse	Flamespread Value	Smoke Density Factor
A	0 bis 25	0 bis 450
B	26 bis 75	0 bis 450
C	76 bis 200	0 bis 450

Die Ergebnisse der Branduntersuchungen sind in zusammengefasster Form Tabelle 2 zu entnehmen. Es wurde u.a. festgestellt, dass beim **Stahlbeton** nur eine leichte

Schwarzfärbung der Rohroberfläche (ohne Entzündung oder Rauchausbreitung) und keine Schädigungen (z.B. Abplatzungen auf Grund der Hitzeeinwirkung) zu erkennen waren. Sie wurden dementsprechend in die Brandklasse A nach NFPA No. 101 [25] eingestuft.

Die ebenfalls untersuchten zwei **PVC**-Proben entzündeten sich und versagten nach kurzer Zeit vollständig, wobei jedoch der Grad der Flammenausbreitung und der Rauchentwicklung im zulässigen Bereich blieb, so dass dieser Werkstoff ebenfalls noch der Brandklasse A zugeordnet werden kann.

Die **PE**-Probe verbrannte vollständig und verursachte eine so große Rauchentwicklung, dass die zulässigen Werte der NFPA („National Fire Protection Association“) überschritten wurden.

Tabelle 2 Ergebnisse der Brandprüfung in Anlehnung [23]

Werkstoff	“Flamespread Value” (Flammenausbreitung)	“Smoke Density Factor” (Rauchentwicklung)	Brandklasse nach NFPA No. 101 (s. Tabelle 1) [25]	Bemerkung
Stahlbetonrohr	0	0	A	Keine Entzündung oder Rauchentstehung während des Tests; nur leichte Schwarzfärbung der Rohroberfläche auf den ersten 122 cm, keine Abplatzungen o.ä. auf Grund der Hitzeinwirkung
Gewelltes Stahlrohr mit Bitumenbeschichtung & -auskleidung	80	860	*)	Bitumen hochentzündlich, beim Schmelzen fallen Tropfen zu Boden, die auch nach Löschen der Gasflamme noch weiter brennen; Bitumen verbrannte vollständig, Durchbiegungen von 15 cm im ersten Rohrabschnitt
Gewelltes Stahlrohr mit Polymerbeschichtung & -auskleidung	35	580	*)	Die Beschichtung entzündete sich nach 17 Sekunden, verbrannte auf einer Länge von 4,3 m und versengte auf den verbleibenden 3,0 m
Gewelltes Aluminiumrohr	0	35	A	Keine Entzündung; Durchbiegungen im ersten Abschnitt, zahlreiche Bereiche schmolzen innerhalb von ca. 90 cm (3 ft) um die Flammquelle
Profiliertes PVC-Rohr	10	10	A	Das PVC entzündete sich innerhalb von 52 s; nach 2 min bog sich ein Bereich bis zum Boden durch und nach 5 min versagte der gesamte Abschnitt
PVC-Rohr	20	330	A	Das PVC entzündete sich schneller als beim profilierten Rohr und verursachte mehr Rauch; der gesamte Abschnitt versagte nach 2 min und 10 s
ABS-Verbundrohr	260	435	C	Der gesamte Abschnitt verbrannte schnell bis auf den Betonfüller, der als Rest zurückblieb.
Profiliertes PE-Rohr	60	820	*)	Das PE verbrannte vollständig; der gesamte Abschnitt bog sich bis zum Boden durch und brannte dort weiter, auch nachdem die Gasflammen aus waren

*) Der „Smoke Density Factor“ übersteigt den von NFPA No. 101 [25] erlaubten Wert (s. Tabelle 1)

Rohre aus Steinzeug, Polymerbeton, duktilem Guss und GFK, die hier zusätzlich betrachtet werden, wurden nicht untersucht.

Bezüglich des Brandverhaltens von **GFK-Rohren** wird in [26] von einem Brand in einem Stahlbetonrohrstrang mit GFK-Inliner berichtet (Bild 2), der beweist, das GFK entzündlich ist und brennen kann.



Bild 2 Blick in den Vortriebsrohrstrang DN/ID 1600 mit komplett ausgebranntem GFK-Inliner (das Feuer wurde während der Demontage einer Zwischenpressstation durch einen defekten Schweißbrenner verursacht) [26]

Bezüglich der Rohre aus **Steinzeug** und **duktilen Guss** mit CEM-Beschichtung kann angenommen werden, dass diese – wie Rohre aus Beton und Stahlbeton – nicht entzündlich und brennbar sind, da bei ihrer Herstellung keine Roh- bzw. Hilfsstoffe verwendet werden, die feuergefährliche Eigenschaften aufweisen.

Polymerbetonrohre eines Polymerbetonrohrherstellers [14] bestehen nach [27] aus gefülltem Reaktionsharzformstoff, der sich aus ungesättigtem Polyesterharz mit einem Massenanteil von $10\% \pm 3\%$ und mineralischem Füllstoff mit einem Massenanteil von $90\% \pm 3\%$ zusammensetzt. Polyesterharz ist, wie das im Bild 2 dargestellte Beispiel für GFK-Rohre gezeigt hat, entzündlich und brennbar, so dass davon auszugehen ist, dass Polymerbetonrohre – ebenso wie GFK-Rohre – brennen können.

3 Zusammenfassung der Ergebnisse

In den vorangegangenen Abschnitten wurden der Einsatzbereich verschiedener in Kanalisationen eingesetzter Rohrwerkstoffe bezüglich der maximalen Temperatur des ein- bzw. abzuleitenden Abwassers dargestellt sowie das Brandverhalten der hier behandelten Abwasserkanalrohre analysiert.

In den zahlreichen kommunalen Entwässerungs- und Entsorgungssatzungen ist in der Regel für das Einleiten von Abwässern in die öffentliche Kanalisation die in DIN 1986-3 [1] angegebene Abwassertemperatur von max. 35 °C vorgesehen (s.a. Abschnitt 1). Für die Ableitung von Abwasser mit dieser Temperatur sind alle hier behandelten Rohrwerkstoffen geeignet.

Erfahrungsgemäß ist trotz der satzungsmäßigen Temperaturbegrenzungen des ein- bzw. abzuleitenden Abwassers, insbesondere bei gewerblichen und industriellen Abwasserableitungen, möglicherweise höheren Abwassertemperaturen bei der Auswahl des Rohrwerkstoffes Rechnung zu tragen, um die Dichtheit, Tragfähigkeit und Funktionsfähigkeit des Abwasserkanals zu gewährleisten.

Insbesondere in Industriegebieten bzw. Bereichen, in denen kurz- und langfristig mit einem Anfall von Abwasser mit erhöhten Temperaturen zu rechnen ist, sollte deshalb das thermische Verhalten der einzusetzenden Rohrwerkstoffe berücksichtigt werden.

Diese Empfehlung ist sinngemäß auch auf Bereiche zu übertragen, bei denen die Gefahr besteht, das leicht entzündliche und brennbare Flüssigkeiten (z.B. Kraftstoffe) in die Kanalisation gelangen können, wie beispielsweise Tankstellen, Umfüllplätze, Flughäfen, mit Tanklastzügen hoch frequentierte Straßen etc. In diesen Fällen sollten Abwasserkanäle aus nicht brennbaren Rohrwerkstoffen verlegt werden.

Fazit:

Beton- und Stahlbetonrohre, insbesondere solche in FBS-Qualität, können hohen Temperaturbeanspruchungen widerstehen (an der Eintrittsstelle in das Rohrsystem kann bei kurzfristiger Beanspruchung eine Abwassertemperatur von 95 °C aufgenommen werden). Sie sind daher speziell auch für Bereiche geeignet, in denen mit höheren Abwassertemperaturen als die in DIN 1986-3 [1] vorgeschriebenen 35 C zu rechnen ist (z.B. gewerbliche und industrielle Abwasserableitung). Darüber hinaus sind FBS-Beton- und Stahlbetonrohre nicht brennbar, falls leicht entzündliche und brennbare Flüssigkeiten (z.B. Kraftstoffe) durch Unfälle in die Kanalisation gelangen sollten.

4 Literatur

- [1] DIN 1986-3: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke; Regeln für Betrieb und Wartung (07.1982).
- [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 grabenloser Verlegung von Abwasserleitungen und -kanälen verwendet werden (Norm-Entwurf 06.2002).
- [4] DIN EN 681-1: Elastomer-Dichtungen – Werkstoff-Anforderungen für Rohrleitungs-Dichtungen für Anwendungen in der Wasserversorgung und Entwässerung.
Teil 1: Vulkanisierter Gummi (05.2003).
Berichtigung 1: Berichtigungen zu DIN EN 681-1:2003-05 (08.2003).
Teil 2: Thermoplastische Elastomere (05.2003).
Teil 3: Zellige Werkstoffe aus vulkanisiertem Kautschuk (05.2003).
Teil 4: Dichtelemente aus gegossenem Polyurethan (05.2003).
- [5] Körkemeyer, K., Brauer, A.: Untersuchung des thermischen Verhaltens von Kunststoffrohren. Unveröffentlichte Expertise der Prof. Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH, Bochum im Auftrag der Fachvereinigung Betonrohre und Stahlbetonrohre e.V. (FBS), Bonn. Bochum, Februar 2004.
- [6] N.N.: Ein heißes Eisen – Kanalisation in Flammen. In: Das Sprachrohr, Ausgabe April 2004, S. 3. Hrsg.: Fachvereinigung Betonrohre und Stahlbetonrohre e.V. (FBS), Bonn.
- [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] 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).
- [9] 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).
- [10] Werknorm WN 295-1: Steinzeugrohre und Formstücke sowie Rohrverbindungen für Abwasserleitungen und -kanäle – Teil 1: Anforderungen (04.2002).
- [11] Firmeninformation Steinzeug Abwassersysteme GmbH, Köln.
- [12] DIN 54815: Rohre aus gefüllten Polyesterharzformstoffen.
Teil 1: Maße, Werkstoff, Kennzeichnung (11.1998).
Teil 2: Anforderungen, Prüfung (11.1998).
- [13] Güte- und Prüfbestimmungen für Vortriebsrohre aus Polymerbeton, nach DIN 54815 PRC-VTK – Gegenstand: Abwasserrohre aus gefülltem Polyesterharzformstoff mit der Bezeichnung „Polycrete[®]“ und Rohrverbindungen in den Nennweiten DN 200 – DN 1200. Ausgabe: 22. November 1999.
- [14] Firmeninformation Meyer Rohr +Schacht GmbH, Lüneburg.
- [15] DIN EN 598: Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasser-Entsorgung – Anforderungen und Prüfverfahren (11.1994).
- [16] DIN 2614: Zementmörtelauskleidungen für Gussrohre, Stahlrohre und Formstücke; Verfahren, Anforderungen, Prüfungen (02.1990).
- [17] DIN 19565-1: Rohre und Formstücke aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen; geschleudert, gefüllt; Maße, Technische Lieferbedingungen (03.1989).

-
- [18] 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).
- [19] DIN 8061: Rohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid – Allgemeine Qualitätsanforderungen (08.1994).
DIN 8061 Beiblatt 1: Rohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid; Chemische Widerstandsfähigkeit von Rohren und Rohrleitungsteilen aus PVC-U (02.1984).
- [20] 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).
- [21] DIN 8075: Rohre aus Polyethylen (PE) – PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen (08.1999).
DIN 8075 Beiblatt 1: Rohre aus Polyethylen hoher Dichte (HDPE); Chemische Widerstandsfähigkeit von Rohren und Rohrleitungsteilen (02.1984).
- [22] Fachverband der Kunststoffrohr-Industrie (Hrsg.): Kunststoffrohr-Handbuch – Rohrleitungssysteme für die Ver- und Entsorgung sowie weitere Anwendungsgebiete. 4. Auflage, Vulkan-Verlag Essen, 2000.
- [23] American Concrete Pipe Association (Hrsg.): Buried Facts – Fire in Sewers and Culverts. No. 02-201, Vienna (Virginia), May 1982.
- [24] ANSI/ASTM Standard E 84: Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials“ (Volume 04.07, 2001).
- [25] NFPA No. 101: Life Safety Code. National Fire Protection Association (NFPA) (Hrsg.), Ausgabe 2003.

- [26] Internet: www.fbsrohre.de (Stand: 10.10.2003).
- [27] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Institutes für Bautechnik, Berlin: Abwasserrohre aus gefülltem Reaktionsharzformstoff mit der Bezeichnung „Polycrrete PRC“ und Steckkupplungen in den Nennweiten DN 300 bis DN 1200. Zulassungsnummer Z-42.1-250. Erteilt am 13.12.2002, gültig bis 31.12.2007.