

# Stegrohre aus Hart-PVC -Dynadur-, Teil II

## Herstellung, Prüfung und Einsatz

von Waldemar Wissinger und Egon Barth, Troisdorf  
in: KRV-Nachrichten 2/1981

Copyright verbleibt beim Herausgeber!

bauen, deren Beharrungsvermögen z. Z. noch den herkömmlichen Steinzeugrohren zugute kommt. Dazu ist es nötig, die bisher von interessierter Seite als nachteilig apostrophierte Flexibilität des KG-Rohres als Vorzug und Chance für die gesamte Abwassertechnik zu nutzen und, dem Beispiel der Grundstücksentwässerung folgend, auch in der

kommunalen Entwässerungstechnik ein modernes Rohrmaterial einzusetzen.

Aufgrund der heute weltweit gewonnenen guten Erfahrungen, auch hinsichtlich des Langzeitverhaltens dürfte hierzu die bisher erreichte Vereinheitlichung der Rohrberechnungen positiv beitragen.

Verlegung mit einem eigens dafür entwickelten Meßgerät (Abb. 9). Zwei induktive Meßfühler sind in einem drehbaren Meßkreuz zusammengefaßt, welches auf einem Transportwagen so montiert ist, daß die Achse des Meßkreuzes genau in der Rohrachse liegt. Die in der Höhe verstellbare Achse läßt die Messung von Rohren zwischen 600 mm und 1000 mm Innendurchmesser zu. Da der Transportwagen auf Kugeln läuft, wird eine gute Spurtreue erreicht, weil er bei Auslenkungen, der Schwerkraft folgend, immer wieder sofort zur Rohrsohle hin in die tiefstmögliche Spur rollen kann. Das am unteren Arm des Meßkreuzes angebrachte Gewicht hält die beiden Fühler auf einer nur ca. 10 mm breiten Spur im Scheitel und im Kämpfer des Rohres. Mit diesem Meßwagen, der von einem Antriebsmotor mit konstanter Geschwindigkeit von 2 m/s durch das Rohr gezogen wird, sind Veränderungen des vertikalen und horizontalen Rohrdurchmessers an jeder Stelle der gesamten Rohrlänge meßbar (Meßgenauigkeit 0,1 mm). Das erweist sich als vorteilhaft, da die Verformung über der Rohrlänge deutliche Schwankungen aufweist. Mit diesem Meßwagen wird die Verformung des Rohres nunmehr seit 11 Jahren verfolgt. Die vertikale Verformung ist in Abb. 10 aufgezeichnet. Aus den Verformungskurven läßt sich erkennen, daß im Schluff die größte Verformung erfolgt.

Mit der Überdeckung von 6 m erreicht die größte Verformung im Schluff nach 11 Jahren nur einen Wert von 6,7 mm, was einer Verminderung des vertikalen Rohrdurchmessers von 1,08 % entspricht. Bei DIN-gemäßer Einbettung (in Sand und Kies) beschränkt sich die Rohrverformung selbst unter Dammbedingungen auf maximal 1,8 mm bzw. 0,29 %. Die Verformungskurven zeigen außerdem, daß die Verformung des Kanalstegrohres nicht kontinuierlich wie im Scheiteldruckversuch erfolgt, sondern in Sprüngen. Vergleicht man die zeitliche Lage der Deformationssprünge mit den Wetterbedingungen, ist festzustellen, daß diese mit starken Regenfällen zusammenfallen, d.h. durch Sackungen im Erdreich hervorgerufen werden. Bei völliger Setzung der Bettung ist danach infolge

## Stegrohre aus PVC hart · Teil II

### Herstellung, Prüfung und Einsatz

Waldemar Wissinger, Egon Barth\*)

Im Teil I wurden die Abschnitte Herstellung, Abmessungen, Eigenschaftswerte und zum Teil die Prüfungen der Dynadur-Kanalstegrohre® behandelt (siehe KRV-Nachrichten 3/80).

#### Prüfungen (Fortsetzung)

Vergleicht man den aus dem Scheiteldruckversuch ermittelten Verlauf der Ringsteifigkeit als Funktion der Belastungszeit in Abb. 6 mit der Kriechmodulkurve, die an stabförmigen PVC hart-Probekörpern unter 4-Punkt-Belastung ermittelt wurde (Abb. 7), ist die Vergleichbarkeit der beiden Funktionen gut zu erkennen.

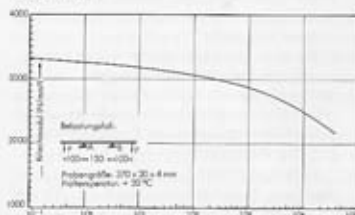


Abb. 7 Biegekriechmodul von PVC hart-Tafelmaterial beim 4-Punkt-Biegeversuch mit einer Biegespannung von 15 N/mm<sup>2</sup>. Prüftemperatur: +20 °C.

Zur Beurteilung des Verformungsverhaltens im praktischen Einsatz wurden neben den Scheiteldruckversuchen auch Feldversuche vorgenommen. Beim Scheiteldruckversuch erfolgt die Lasteinleitung nur linienförmig in Scheitel und Sohle und der gesamte restliche Rohrfumfang ist nicht abgestützt. Der Feldversuch liefert dagegen das Verformungsverhalten unter praxisgerechter Erdbelastung. Für einen Versuch wurde ein Kanalstegrohr DN 630 unter Dammbedingungen mit einer Sohlenbreite von 4 m und einer Länge von 19 m verlegt (Abb. 8).

Die eigentliche Prüflänge von 12 m wurde in drei Abschnitten von jeweils 4 m Länge in Kies, Sand und Schluff eingebettet um auch



Abb. 8 Verlegung des Dynadur-Stegrohres® DN 630. Die Einbettung ist bis zum Rohrkämpfer erfolgt.



Abb. 9 Meßgerät zur Erfassung des vertikalen und horizontalen Rohrdurchmessers beim Einsatz in einem Rohr DN 630.

die Wirkung der Bettungsbedingungen ermitteln zu können. Die Überdeckung betrug zunächst 4 m und wurde nach 6 Monaten auf 6 m erhöht.

Die Messung des Rohrdurchmessers erfolgte während der verschiedenen Phasen der

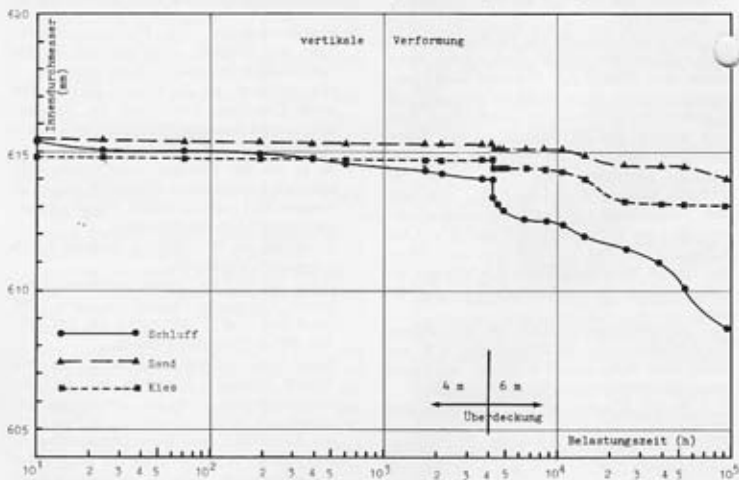


Abb. 10 Vertikale Durchmesseränderung eines Dynadur-Stegrohres® DN 630 bei Verlegung in Kies, Sand und Schluff unter Dammbedingungen. Die Überdeckung beträgt 6 m. Die Verlegung erfolgte 1970.

\*) Ing. (grad.) Waldemar Wissinger, Dynamit Nobel AG, Abteilung BKE-V, 5210 Troisdorf  
Dipl.-Phys. Egon Barth, Dynamit Nobel AG, Abteilung BKE-P, 5210 Troisdorf

der seitlichen Abstützung der Rohrwand im Kämpfer und Erdreich nur noch mit geringen Verformungen zu rechnen.

Neben den Versuchen unter statischer Erdauflast wurden auch Versuche unter dynamischer Verkehrsbelastung durchgeführt. Diese Versuche erfolgten im Versuchsstand des Centre de Recherches in Pont a Mousson. Kanalstegrohre der DN 500 und DN 630 wurden im Ringwall des Versuchsstandes mit einer Überdeckung von nur 137 cm bzw. 126 cm verlegt. Der Prüfstand (Abb. 11) besteht aus einem ringförmigen Wall, dessen Dammkrone einen äußeren Radius von 17 m und einen inneren Radius von 7 m aufweist. Der Wall ist nicht aufgeschüttet, sondern durch Ausheben von zwei kreisförmigen Gräben aus dem gewachsenen Boden entstanden. Dadurch ist es möglich, die Prüfrohre in den maximal 15 möglichen, radial verlaufenden Prüfgräben in gewachsenem Erdreich zu verlegen. Die Enden der Prüf-

gräben sind durch Betonmauern gesichert und das Verfüllmaterial wird an der inneren und äußeren Stirnseite der Prüfgräben durch massive Holzbohlen abgestützt. Auf der 10 m breiten Dammkrone, die nur mit einer 5 bis 10 cm dicken Asphalttschicht abgedeckt ist, läuft an einem im Mittelpunkt des Prüfwalls gelagerten Ausleger ein Rad bzw. Doppelrad auf vier Pisten mit festgelegtem Radius um. Der Antrieb erlaubt Umlaufgeschwindigkeiten bis zu 60 km/h. Der Ausleger kann über dem Rad mit Lasten von 5 bis 10 t belastet werden. Zur Messung der vertikalen Rohrverformung werden im Scheitel und der Sohle des Prüfrohrs Metallbolzen exakt unter den 4 Prüfspuren, deren Radien 9, 11, 13 und 15 m betragen, eingesetzt. Die Länge der paarweise übereinandergesetzten Meßdorne nimmt von innen nach außen zu. So wird eine genaue Vermessung der Lage der Meßspitzen mit einem auf dem inneren Betonsockel vor jeden Graben fixierten Kathodometer möglich.

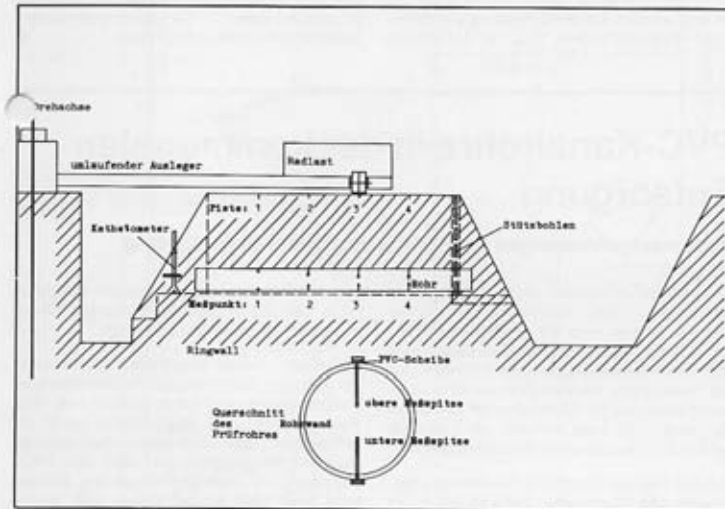


Abb. 11  
Querschnitt durch den Ringwall der Verkehrslast-Versuchsanlage des CdR Pont a mousson.

Trotz ungünstiger Verlegebedingungen (Überdeckung mit Lehm), betrug die maximale Verformung des Kanalstegrohres DN 630 nach 160000 Überrollvorgängen mit 63000 bis 85000 N bei 23 und 60 km/h nur 3,06%. Nach Angaben des CdR war 1975 auf französischen Nationalstraßen pro Jahr mit 20000 bis 30000 Überrollvorgängen zu rechnen. Demnach würden die vorgenommenen Versuche einer Einsatzdauer von 5–8 Jahren entsprechen. Das bedeutet, daß nach 50jähriger Einsatzzeit eine Verformung des Kanalstegrohres DN 630 in der Größenordnung von maximal etwa 3,55% zu erwarten ist, obwohl die nach DIN 4033 geforderte Mindestüberdeckung von 150 cm nicht erreicht und auch die Dammkrone nicht einer normalen Straßendecke entsprach. Die praktischen Versuche mit statischer Erdauflast unter Dammbedingungen und mit dynamischer Verkehrsbelastung zeigen, daß die Ringsteifigkeiten der Dynadur-Kanalstegrohre® auch ungünstigsten Einsatzbedingungen gewachsen sind, zumal die Verformungskurven auch bei den Verkehrslastversuchen asymptotisch verlaufen (Abb. 12).

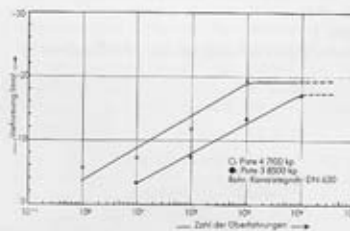


Abb. 12  
Vertikale Verformung des Kanalstegrohres DN 630 bei Belastungen mit 71000 und 85000 N in Abhängigkeit von der Zahl der Überrollungen.

Für Kanalstegrohre ist jedoch nicht nur ein Einsatz in unbewehrten Abwasser-Freispiegelleitungen möglich. Wegen der guten Widerstandsfähigkeit des PVC hart gegen Chemikalien-Einwirkung ist auch der Einsatz zum Transport aggressiver Flüssigkeiten und Gase interessant. Deshalb wurden schon sehr früh



Abb. 13  
Abluftleitung aus Trovidur Spiralrohren® DN 1400, K 3 für SO<sub>2</sub>-haltige Gase. Baujahr 1970, Unterdruck 4000 Pa.

Trovidur-Spiralrohre®, auch für den Transport von Abgasen, eingesetzt (Abb. 13). Da in solchen Rohrleitungen der Transport der Gase häufig mit Unterdruck erfolgt, ist für diesen Einsatzzweck das Beulverhalten der Spiral-Rohre unter äußerem Überdruck wichtig. Deshalb hat Dynamit Nobel auch eine Reihe von Vakuum-Berst- und Zeitstandversuchen durchgeführt. Dazu wurden Trovidur-Spiralrohre® mit Durchmessern von 710 mm bis 1250 mm und Längen zwischen 5 m und 12 m an beiden Enden mit Klöpperböden verschweißt. Über einen Rohranschluß wurden dann die Prüfrohre evakuiert. Während des Leerpumpens der Rohre wurde die Verformung als Funktion der Druckdifferenz zwischen innerem Unterdruck und äußerem atmosphärischem Druck gemessen (Abb. 14). Auch bei der Evakuierung der Rohre und damit zunehmendem äußerem Überdruck verlaufen die Verformungskurven der Spiral-

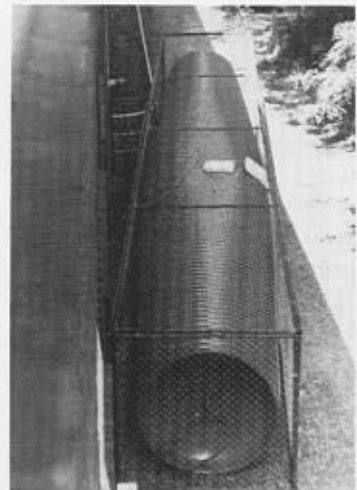
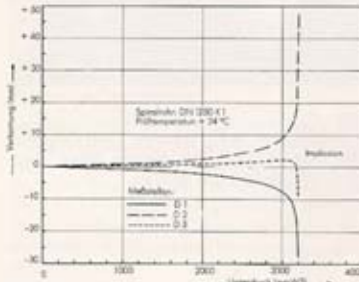


Abb. 14  
Beginnende Verformung eines Trovidur-Spiralrohres® DN 1250 beim Vakuumversuch.

rohre aus PVC hart sehr flach (Abb. 15). Die Einbeulung beginnt erst kurz vor dem Erreichen des kritischen Beuldruckes. Dann verläuft die Verformung exponentiell und führt zur Implosion der Rohre. Der Steilanstieg der Verformung beginnt, wenn der Druckunterschied etwa 80% des Implosionsdruckes erreicht hat. Bleibt man im Bereich des flachen Teils der Verformungskurve, d.h. in einem Bereich bis zu einer Verformung des Rohrdurchmessers von etwa 0,5%, tritt auch im Langzeitversuch nur eine geringfügige Zunahme der Verformung ein.



**Abb. 15**  
Veränderung des vertikalen Durchmessers eines Spiralrohres DN 1250, K 1, als Funktion des im Rohrinneeren erzeugten Unterdrucks.

Erwartungsgemäß steigt der kritische Beuldruck  $P_K$  mit zunehmender Ringsteifigkeit des Rohres und abnehmendem Abstand der Stützscheiben. In Abb. 16 ist dies durch zwei lineare Funktionen dargestellt. Die Gerade  $P_K = 3,51 S_{Ri}$  ergibt sich, wenn in der Beulformel von V. Mises

$$P_K = \frac{E}{4(1-\mu^2)} \left(\frac{s}{r}\right)^3$$

über den Elastizitätsmodul  $E$  die Ringsteifigkeit

$$S_{Ri} = \frac{E \cdot J}{r^3} = \frac{P}{D \cdot L} \text{ eingefügt wird}$$

$$\text{zu: } P_K = S_{Ri} \frac{12}{4(1-\mu^2)} = 3,51 S_{Ri}$$

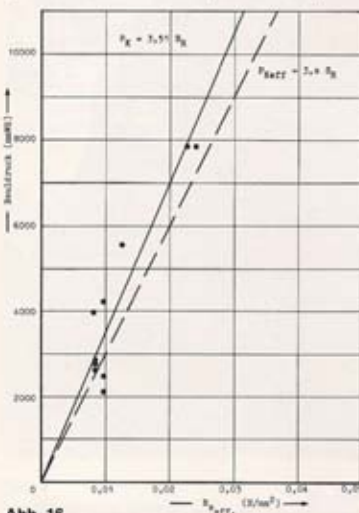
$E$  = Elastizitätsmodul des Rohrwandwerkstoffes

$s$  = Wanddicke

$r$  = mittlerer Rohrradius

$J$  = Flächenträgheitsmoment der Rohrwand

$\mu$  = Querkontraktionszahl (für PVC = 0,38)



**Abb. 16**  
Kritischer Beuldruck in Abhängigkeit von der Ringsteifigkeit.

Von dieser Funktion weichen die gemessenen Implosionsdrücke nur wenig ab. Diese Abweichungen lassen sich zudem aus den Temperaturschwankungen und den Dimensionsabweichungen der Rohre erklären. Folgt man dem bei Zeitstudien üblichen Verfahren und legt die Kennlinie durch die niedrigsten Werte der Bruchpunkte, ergibt sich aus den Meßwerten als Funktion für die kritischen Beuldrücke die zweite in Abb. 16 eingezeichnete Gerade  $P_{Keff} = 3,0 \cdot S_{Ri}$ . Dies zeigt, daß die Steigung der aus den Meßwerten abgeleiteten Funktion  $P_K = a \cdot S_{Ri}$  nur geringfügig von der theoretischen Funktion abweicht. Selbst bei Berücksichtigung der effektiven Funktion ergibt sich, daß bei einer Ringsteifigkeit  $\geq 0,035 \text{ N/mm}^2$  bei einer Druckdifferenz bis zu 1 bar der kritische Beuldruck nicht mehr erreicht wird. Für den praktischen Einsatz muß der kritische Beuldruck von Rohrleitungen jedoch unter Berücksichtigung der Stützweite zwischen wirksamen Verstärkungen ( $f_v$ ), eines Faktors  $f_t$  für die Belastungszeit und eines Temperaturfaktors  $f_T$  errechnet werden. Bei der Ermittlung des zulässigen Betriebsdruckes  $P_{zul}$  ist schließlich

GÜTEZEICHEN



KUNSTSTOFFROHRE

noch ein Sicherheitsbeiwert zu berücksichtigen. Für die Bestimmung des zulässigen Betriebsdruckes

$$P_{zul} = f_v \cdot f_t \cdot f_T \frac{3,0 \cdot S_{Ri}}{v}$$

soll hier die allgemeine Aussage genügen, daß die Stützwirkung mit zunehmender Stützweite (z.B. Schellenabstand) abnimmt. Die Faktoren  $f_v$  und  $f_T$  werden ebenfalls mit zunehmender Belastungszeit bzw. mit steigender Temperatur kleiner. Die Größe der Sicherheitsbeiwerte wird von den Betriebsbedingungen (z.B. Aggressivität des Durchflußstoffes, Windbelastungen, Temperaturdifferenzen, Globalstrahlung usw.) beeinflusst.

## PVC-Kanalrohre in der kommunalen Entsorgung

Ing. (grad.) Heinz Bernd Schulte\*)

### Verformungsmessungen an PVC-Kanalrohren in Braunschweig

Kunststoffrohre werden heute in vielen Anwendungsgebieten eingesetzt. Im vorliegenden Beitrag wird der Einsatz von PVC-Kanalrohren in der kommunalen Entsorgung behandelt. Neben allgemeinen Hinweisen für die Anwendung werden insbesondere auch materialspezifische Eigenschaften praxisnah dargelegt, und zwar anhand von Langzeitbeobachtungen bei verschiedenen Objekten.

Für den Bau von Grundstücksentwässerungsanlagen aus Kunststoffen hat sich der Rohrwerkstoff PVC hart nach DIN 8061 aufgrund seiner vorteilhaften Merkmale wie

- rationale Verlegemöglichkeit
- geringes Gewicht und
- absolute Dichtheit nebst Wurzelfestigkeit

seit 1967 überzeugend im Markt durchgesetzt. Das jahrzehntlang eingesetzte Steinzeugrohr ist weitgehend verdrängt.

Der Absatz dieses Programms war im letzten Jahrzehnt durch erhebliche Zuwachsraten gekennzeichnet und hat sich allein seit 1970 trotz „Ölkrise“ und Baurezession mehr als vervierfacht. Aber auch gegenüber anderen Kunststoffrohrprogrammen liegt das PVC-Kanalrohrprogramm der Menge und Bedeutung nach weit an der Spitze und unterstreicht damit einmal mehr die Wachstumschancen eines noch vor 14 Jahren nahezu unbekanntem Produkts.

Dieses eindrucksvolle Vordringen hat zwischenzeitlich dazu geführt, daß Rohre aus

**Abb. 1**  
Wohngebiet Schwerinstraße, Braunschweig

