

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

## Herstellung, Prüfung und Einsatz

von Waldemar Wissinger und Egon Barth, Troisdorf  
in: *krv-Nachrichten* 3/1980  
*Copyright verbleibt beim Herausgeber!*

### Stegrohre aus PVC hart · Teil I

#### Herstellung, Prüfung und Einsatz

##### Einleitung

Der Einsatz von Rohren aus Kunststoffen ist längst technischer Alltag. Die Verwendung von Kunststoffrohren begann 1935 mit der Herstellung von PVC hart-Rohren, den sogenannten Mipolam-Rohren, hergestellt in Bitterfeld und Troisdorf. Diese Rohre fanden Verwendung als korrosionsbeständige Rohre für den Transport von Frischwasser, Abwasser und Chemikalien.

Infolge der geschichtlichen Ereignisse erfolgte die Einführung der Kunststoff-Rohre zunächst sehr langsam, bis Mitte der 50er Jahre eine stürmische Entwicklung begann. In diesen Jahren stießen mit dem Polyethylen auch andere Kunststoffe in den Rohrsektor vor. Gleichzeitig mit der Erweiterung der Werkstoffpalette erfolgte eine Ausweitung der Mengen und Dimensionen, zunächst besonders bei PVC hart-Rohren.

Der damalige Stand der Technik auf dem Gebiet der Extruder, Werkzeuge und Rohstoffstabilisierung führte zunächst zu einer Begrenzung der Dimensionen von PVC hart-Rohren auf Durchmesser von 300 bis 500 mm.

Anfang der 70er Jahre stieg die Nachfrage nach Kunststoffrohren größerer und großer Durchmesser stark an. Das konventionelle Glatrohr-Extrusionsverfahren ist jedoch aus verfahrenstechnischen und wirtschaftlichen Gründen nicht oder nur bedingt geeignet. Es wurde deshalb ein Verfahren gesucht, das eine wirtschaftliche Fertigung größerer Rohrdimensionen gestattet. Ein solcher Weg wurde von der Dynamit Nobel AG mit dem PVC hart-Stegrohr gefunden. Diese Methode ermöglicht es, auch Rohre bis DN 3000 bei wirtschaftlichem Aufwand herzustellen.

##### Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung von Trovidur-Spiral- und Dynadur-Stegrohren®

Mit dem im Hause der Dynamit Nobel entwickelten Verfahren können die Rohre mit

außenliegenden wendelförmig umlaufenden Rippen in kontinuierlicher Arbeitsweise aus einem extrudierten Profilband hergestellt werden. Diese auf eine rotierende Trommel gewickelten Bänder werden noch im thermo-

Waldemar Wissinger, Egon Barth\*)

plastischen Zustand kontinuierlich verschweißt und abgezogen. Die größten nach diesem Verfahren gefertigten Rohre haben zur Zeit Durchmesser bis zu 3000 mm.

##### Beschreibung des Verfahrens:

Ein Profil (siehe Abb. 2), das mit einem hakenförmigen Ende und auf der anderen Seite mit einem rippenartigen Querschnitt versehen ist, wird aus einem Extruder (siehe Abb. 3) direkt vom Pulver extrudiert.

Die erforderliche PVC hart-Pulvermischung entspricht den üblichen Mischungen für PVC hart-Rohre. Das bandförmige Profil wird schraubenförmig auf eine Trommel so aufgewickelt, daß sich der Haken um den Steg des Profiles legt und beide miteinander verschweißt werden.

Die Wickeltrommel kann verhältnismäßig kurz sein und ist zur Abzugsseite leicht konisch um ein Aufschrumpfen des Rohres bei

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

der Abkühlung zu vermeiden. Zur Erzielung eines optimalen Schweißvorganges gehört eine Anpreßvorrichtung, die mehrere radial zur Mantelfläche der Wickeltrommel angeordnete profilierte Rollen trägt.

durch Heißluftdüsen wieder zugeführt, um eine Verschweißung im thermoplastischen Bereich durch die Walzrollen, die unter leichtem radialem Druck stehen, zu erreichen. Eine Kreissäge, die axial verschiebbar gelä-

#### Abmessungen von Trovidur-Spiralrohren® und Dynadur-Stegrohren®

Je nach Einsatzzweck der Rohre als Behälter, für die Be- oder Entlüftung, als freistehender Kamin oder als Inliner für glasfaserverstärkte Rohre, für die Be- oder Entwässerung, ob in der Erde oder im Freien, ob mit Außen- oder Innendruckbeanspruchung usw. können dieselben nicht nur in den verschiedensten Durchmessern, sondern auch je nach Beanspruchung mit unterschiedlich profilierter Wandung hergestellt werden. Für die meisten Einsatzfälle wird die Profilierung so gewählt, daß große Steifigkeit mit geringem Materialeinsatz erreicht wird.

In der **Tabelle 1** sind die zur Zeit lieferbaren Rohre und deren Ringsteifigkeiten aufgeführt, so daß hier für die verschiedensten Anwendungsfälle ausgewählt werden kann.

**Tabelle 1:** Ringsteifigkeit von Trovidur-Spiralrohren® und Dynadur-Kanalstegrohren® aus PVC hart bei 20 °C (errechnete Werte).

| DN   | Profil | Ringsteifigkeit $S_{Ri}$<br>N/mm <sup>2</sup> |
|------|--------|---|
| 500  | L 1    | 0,0264  |
| 500  | L 2    | 0,0378  |
| 500  | K 1    | 0,0707  |
| 630  | L 1    | 0,0136  |
| 630  | L 2    | 0,0195  |
| 630  | K 1    | 0,0364  |
| 630  | K 2    | 0,0780  |
| 710  | L 1    | 0,0087  |
| 710  | L 2    | 0,0126  |
| 710  | K 1    | 0,0236  |
| 710  | K 2    | 0,0514  |
| 800  | L 1    | 0,0067  |
| 800  | L 2    | 0,0096  |
| 800  | K 1    | 0,0180  |
| 800  | K 2    | 0,0363  |
| 800  | K 3    | 0,0858  |
| 1000 | L 2    | 0,0050  |
| 1000 | K 1    | 0,0089  |
| 1000 | K 2    | 0,0188  |
| 1000 | K 3    | 0,0418  |
| 1000 | K 4    | 0,0916  |
| 1250 | K 1    | 0,0045  |
| 1250 | K 2    | 0,0099  |
| 1250 | K 3    | 0,0221  |
| 1250 | K 4    | 0,0478  |
| 1400 | K 1    | 0,0032  |
| 1400 | K 2    | 0,0071  |
| 1400 | K 3    | 0,0159  |
| 1400 | K 4    | 0,0343  |
| 1600 | K 1    | 0,0022  |
| 1600 | K 2    | 0,0048  |
| 1600 | K 3    | 0,0107  |
| 1600 | K 4    | 0,0232  |
| 1800 | K 2    | 0,0034  |
| 1800 | K 3    | 0,0075  |
| 1800 | K 4    | 0,0167  |
| 2000 | K 2    | 0,0025  |
| 2000 | K 3    | 0,0055  |
| 2000 | K 4    | 0,0122  |
| 2200 | K 2    | 0,0018  |
| 2200 | K 3    | 0,0041  |
| 2200 | K 4    | 0,0092  |
| 2500 | K 3    | 0,0028  |
| 2500 | K 4    | 0,0063  |
| 2700 | K 3    | 0,0022  |
| 2700 | K 4    | 0,0050  |
| 3000 | K 3    | 0,0016  |
| 3000 | K 4    | 0,0036  |



Abb. 1: 22,4 m lange Stegrohre DN 500 für eine Abwasserleitung

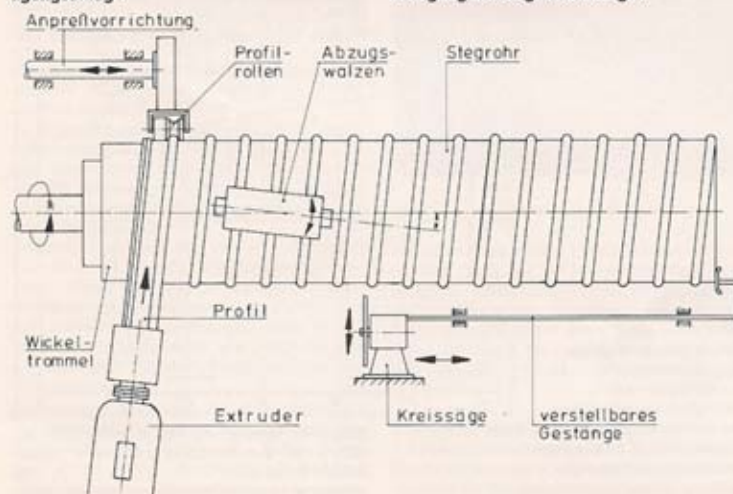
Abb. 2 Schematische Darstellung des Rohrprofils und entsprechende Abmessungen

| Profil  | L 1   | L 2   | K 1  | K 2   | K 3   | K 4   |
|---------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| s in mm | 4,0   | 5,0   | 6,0  | 7,2   | 9,5   | 12,5  |
| h in mm | 18,0  | 20,0  | 22,5 | 29,5  | 38,0  | 49,2  |
| l in mm | 100,0 | 105,0 | 95,0 | 102,0 | 125,0 | 153,0 |

Der axiale Vorschub erfolgt durch am Umfang verteilte Abzugswalzen. Die Steuerung der Geschwindigkeiten von Wickeltrommel und Abzugswalzen übernimmt eine Tastvorrichtung, die den Durchhang des Profiles zwischen Extruder und den profilierten Walzrollen mißt.

Die bei einer Umdrehung verlorene Materialarme im Schweißbereich des Profiles wird

Abb. 3: Schematische Darstellung einer Fertigungsanlage



gert ist und durch ein in der Länge verstellbares Gestänge am Rohrende geführt wird, erlaubt es, jede gewünschte Länge zu fertigen (zur Zeit bis 18 m).

Da bei diesem Herstellverfahren das Schweißen der Profile in thermoplastischem Zustand erfolgt und durch den Drehvorgang alle Arbeitsgänge kreissymmetrisch ablaufen, weisen die Rohre folgende Vorteile auf:

- Optimale Geradheit
- optimale Rundheit
- maßgenaue Innendurchmesser
- senkrechter Schnitt zur Rohrachse
- weitgehende Spannungsfreiheit der Rohrschnitte
- große Ringsteifigkeit durch die Profilierung
- Fertigung beliebiger Rohrlängen.



Abb. 4: Produktionsanlage für Stegrohre

### Eigenschaftswerte

Die physikalischen Eigenschaftswerte der Dynadur-Kanalstegrohre® und der Trovidur-Spiralrohre® entsprechen denen glattwandiger PVC hart-Rohre nach DIN 8061. Dies gilt auch für die Innendruckzeitstandfestigkeit. Bemerkenswert ist das verfahrensmäßig bedingte, günstige Verhalten bei Warmlagerung, was sich in vergleichsweise geringen Maßänderungen äußert. Die wichtigsten Eigenschaftswerte sind in **Tabelle 2** am Beispiel eines Dynadur-Kanalstegrohres® DN 1000 angegeben.

Tabelle 2

#### Eigenschaftswerte eines Dynadur-Kanalstegrohres® DN 1000

| Eigenschaft                      | Einheit            | Prüfvorschrift |                    |
|----------------------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| Rohdichte                        | g/cm <sup>3</sup>  | DIN 53479      | 1,445              |
| Zugfestigkeit                    | N/mm <sup>2</sup>  | DIN 53455      | 54,4 (53,1–56,5)   |
| Reißeckung                       | %                  | DIN 53455      | 30 (16–66)         |
| Elastizitätsmodul                | N/mm <sup>2</sup>  | DIN 53457      | 3050               |
| Schlagzähigkeit                  | kJ/m <sup>2</sup>  | DIN 8061       | kein Bruch         |
| Vicat-Erweichungstemperatur      | K                  | DIN 53460      | 355 (355–355)      |
| Dimensionsänderung               | %                  | DIN 8061       | + 0,40 (0,20–0,56) |
|                                  |                    | DIN 8061       | – 0,90 (0,88–0,92) |
| Wasseraufnahme                   | mg/cm <sup>2</sup> | DIN 8061       | 1,2                |
| Zugfestigkeit am Steg            | N/mm <sup>2</sup>  | DVS 2203       | 53,7 (51,2–55,0)   |
| Gütefaktor der Stegverschweißung |                    | DVS 2203       | 0,99               |

### Prüfungen

Rohre mit schraubenförmig umlaufendem Steg an der Außenoberfläche zeichnen sich u. a. durch eine hohe Ringsteifigkeit aus. Damit werden sie besonders in Einsatzgebieten interessant, bei denen äußere Belastungen, wie z. B. bei Erdverlegungen oder beim Betrieb mit Unterdruck auftreten. In allen bekannten Berechnungsverfahren\*) zur sicheren Dimensionierung der Rohre ist die Ringsteifigkeit die bestimmende statische Größe. Bei profilierten Rohren mit aufgelöstem Rohrwandquerschnitt ist diese jedoch nur mit hohem mathematischem Aufwand exakt zu berechnen. Deshalb war es interessant, eine Meßmethode zur Ermittlung der effektiven Ringsteifigkeit zu finden. Eine solche Methode stellt die Verformungsmessung an Rohren unter Scheitellast dar (**Abb. 5**).

Für diesen Belastungsfall gilt

$$\Delta D_v = \frac{P}{L} \cdot \frac{r^3}{E \cdot J} \cdot z$$

$\Delta D_v$  = vertikale Verformung (cm)

$z$  = Verformungsbeiwert

$P$  = Scheitellast (N)

$L$  = Rohrlänge (cm)

Daraus ergibt sich die Ringsteifigkeit:

$$S_{R\text{eff}} = \frac{P}{\Delta D_v \cdot L} \cdot z \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Danach ist die effektive Ringsteifigkeit  $S_{R\text{eff}}$  allein aus der Scheitellast und der vertikalen Deformation zu bestimmen. Es ist nicht erforderlich, das Flächenträgheitsmoment  $J$  und den Elastizitätsmodul  $E$  zu bestimmen. Der Radius  $r$  der neutralen Faser kann mit genügender Genauigkeit ermittelt werden.

Die ersten Messungen wurden als Kurzzeitversuche durchgeführt, die mit der Zerreißmaschine bis zu Außendurchmessern von 630 mm vorgenommen werden konnten. Da-

rüber hinaus wurde eine einfache Prüfeinrichtung entwickelt, um auch Langzeitversuche ausführen zu können. Mit der in **Abbildung 5** gezeigten Prüfeinrichtung wurden solche Versuche bis zu ca. 5 Jahren Standzeit vorgenommen. Die Auswertung dieser Versuche ist im Diagramm (**Abb. 6**) als Verlauf der Ringsteifigkeit eines Dynadur-Stegrohres® DN 1000-K 4 in Abhängigkeit von der Belastungszeit dargestellt. Bei diesen Versuchen



Abb. 5: Apparatur zur Messung der Ringsteifigkeit mit 2-Linien-Auflagern am Scheitel und Sohle.

wurden die Scheiteldruckbelastungen so gewählt, daß eine vertikale Deformation des Rohrdurchmessers von ca. 3 % als Anfangswert auftrat. Aus der Deformationsmessung wurde die Ringsteifigkeit berechnet.

Trotz der vorgegebenen hohen Anfangsdeformation von ca. 3 % ist nach 5jähriger Dauerbelastung mit 16.300 N Scheitellast die vertikale Verformung  $\Delta D_v$  des 100 cm langen Rohrabchnittes nur auf 4,2 % angestiegen. Aus der Zunahme der Verformung errechnet sich eine 5-Jahres-Ringsteifigkeit von 0,0599 und ein Kriechmodul von 2060 N/mm<sup>2</sup>.

Die Zunahme der Verformung mit der Belastungszeit entspricht damit grundsätzlich Verformungen, die sich aus dem Kriechmodul für PVC hart errechnen.

Weitere Prüfungen und die Einsatzfälle der

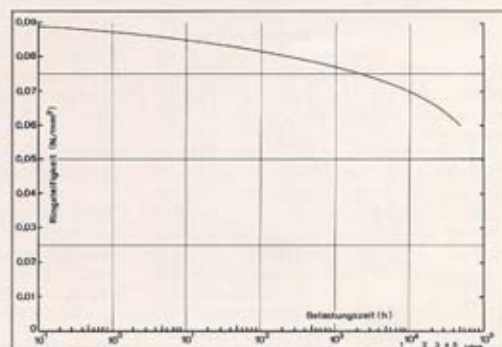


Abb. 6: Ringsteifigkeit  $S_{R\text{eff}}$  eines Dynadur-Kanalstegrohres® DN 1000-K 4 ermittelt aus der Verformung unter Scheitellast in Abhängigkeit von der Belastungszeit

Stegrohre werden im Teil II behandelt. Im Heft 2 '81 der KrV-Nachrichten wird dieser Bericht fortgesetzt.

\*) Leonhardt, Scheibauer, Gaube, Wetzorke, Lauer, Miess.