

### 50 Jahre Rohrsysteme aus Polyolefinen

Philipp Frank, Frank GmbH, Mörfelden

#### Einleitung

Am Anfang war der Forscherdrang. Naturwissenschaftliches Know-how und technische Wissbegier und Forschung machten aus einfachen Kohlen-Wasserstoff-Molekülen Makromoleküle, die unter Temperatur- und Druckeinwirkung zum Rohr geformt werden konnten. Die dann folgende Entwicklung vom Ein-Zoll-PE-Schlauch zu Rohrsystemen bis 3,5 Meter Durchmesser ist eine erfolgreiche Pioniergeschichte.

Pioniergeist war bei der Verarbeitung dieses vielversprechenden neuen Werkstoffes zum Rohr wie auch bei der Anwendungs- und Verbindungstechnik permanenter Begleiter. Die heute gegebene, umfangreiche Anwendungsvielfalt wurde getragen durch stetiges Weiterentwickeln zu immer besseren Eigenschaften des Werkstoffes, durch wachsendes Know-how bei der Rohr- und Rohrformteilmfertigung und durch Optimierung der Schweißtechnik.

Das Vertrauen der Anwender wurde nicht zuletzt durch umfangreiche Prüfungen am Werkstoff, am Rohr, am Formteil und an der Schweißverbindung gewonnen und gefestigt. So

wurden Rohrsysteme aus Polyolefinen in den letzten 50 Jahren ein bedeutender Wirtschaftsfaktor.

#### Vom Rohr zum Rohrsystem

PE-Rohre kamen zu Beginn der Entwicklung als Hausanschlussleitung für Trinkwasser mit Schraubverbindungen aus Temperguss oder Messing zum Einsatz. Die zu diesem Zeitpunkt zwar im Vergleich zur heutigen Generation noch relativ kerbempfindlichen Rohre der ersten PE-Generation brachten jedoch schon deutliche Vorteile gegenüber den damals verwendeten Leitungen aus Stahl oder auch aus Blei – es gab keine Inkrustationen mehr und die Verlegung der flexiblen Rohre vom Ringbund brachte erhebliche Preisvorteile. Neben dem noch verhältnismäßig steifen PE 63 kam auch das flexiblere Weich-PE bei dieser speziellen Anwendung zur Geltung.

Rohre und Klemmverbinder mussten adaptionsfähig sein. So entstanden die Grundnormen für Maße und Güteanforderungen für diese beiden Werkstoffe. Bei der Maßabstufung wurde die Renardsche Zahlenreihe zugrunde gelegt. Die →

Bezeichnung der Werkstoffe richtete sich nach den Herstellungsverfahren. So nannte man das im Hochdruck-(Natta)-Verfahren hergestellte Weich-PE HDPE und das im Niederdruck-(Ziegler)-Verfahren hergestellte Hart-PE NDPE.

Die Kunststoffe der ersten Generation erlebten alle eine rasante Weiterentwicklung, mit der erhebliche Eigenschaftverbesserungen einhergingen. Mit der zweiten PE-Hart-Generation wurden die PE-Typen international nach ihrer Dichte unterschieden. Aus NDPE wurde PEHD (high density) und aus HDPE wurde PELD (low density).

Rohre aus PEHD waren nun so elastisch, dass der Werkstoff PELD mit seiner geringen Festigkeit weitestgehend vom Rohrmarkt verschwunden ist.

Mit PEHD stand auch ein Rohrwerkstoff zur Verfügung, der durch seinen molekularen (teilkristallinen) Aufbau in einen teigigen Zustand gebracht werden konnte, in dem die Moleküle durch mäßigen Druck ineinander zu schieben waren, ohne dass nach dem Erkalten der Fügezone übermäßige Spannungen vorherrschten. Aus diesem Verhalten entwickelten sich verschiedene Schweißtechniken. Aus dem vom PVC her bekannten Fächelschweißen mit Schweißdraht wurde das Warmgasziehschweißen entwickelt, das jedoch im Rohrleitungsbau mit Ausnahme von dünnwandigen Abluftleitungen heute nicht mehr zur Anwendung kommt. Von Anfang an war jedoch die Heizelementstumpfschweißung eine sichere



*Bild 1: In Schweißkonstruktion aus PEHD-Wickelrohr hergestellter Absturzschaft für die Höchst AG Anfang der 70er Jahre*

re Verbindungsmethode. Anfang der 70er Jahre kam das Heizelementmuffenschweißen und das Warmgas-Extrusions-schweißen hinzu. Ende der 70er Jahre gewann die Elektromuffenschweißung mehr und mehr an Bedeutung im Rohrleitungsbau.

Insbesondere das Heizelementstumpfschweißen ermöglichte es, die ersten geschweißten Rohrformteile aus Rohr herzustellen. Angewendet wurden diese Rohrsysteme zunächst im Bereich der chemischen, pharmazeutischen und artverwandten Industrie als Produktleitungen für Säuren und Laugen, aber auch für Brauch- und Abwasserleitungen.

In dieser Zeit wurden auch die ersten Fußbodenheizleitungsrohre aus PEHD verlegt. Im Frankfurter Zoologischen Garten ließ Prof. Bernhard Grzimek ein neues Affenhaus bauen. Ein Ingenieurbüro für die Anwendung von Kunststoffrohrsystemen in Mörfelden empfahl Herrn Prof. Grzimek, die Affen vor kalten Füßen durch einen im Winter beheizten Betonfußboden zu schützen. Ausgelegt wurden die Fußbodenheizleitungen für eine Wassertemperatur von 35°C und 3 bar Druck.

Unter ähnlichen Betriebsbedingungen wurden auch normale PE-Rohre zur Fußbodenerwärmung Ende der 60er Jahre in Hallenbädern erfolgreich verlegt und sind zum Teil noch heute in Betrieb.



*Bild 2: PEHD-Fußbodenheizleitungsrohre Ende der 60er Jahre*

Anfang der 60er Jahre wurden die ersten Rohre aus Polypropylen gefertigt. Durch die höhere Temperaturbeständigkeit waren Rohre aus PP besonders für den industriellen Einsatz prädestiniert. Wie auch bei PE waren – bedingt durch die Formschwächung und den Schweißfaktor – die Rohrsysteme mit segmentgeschweißten Formteilen je nach Bauteil nur mit 50 – 80 % des Druckes zu belasten, für den das Rohr selbst ausgelegt war.

Es gab von Anfang an bei verschiedenen Firmen Versuche, Rohrformteile im Spritzgussverfahren herzustellen. Dies gelang jedoch zunächst nur mit so genannten niedermolekularen Spritzgussformmassen, die in ihrer Zeitstandfestigkeit an die hochmolekularen Rohrtypen nicht heran kamen. Auch die Schweißverbindungen zwischen Rohr und Formteil aus Spritzgussformmassen ließen sehr zu wünschen übrig. Mit der Heizelement-Muffenschweißung konnte das unterschiedliche Schmelzverhalten zwischen Rohr- und Spritzgussform-

masse im kleinen Dimensionsbereich als brauchbare Verbindung gesehen werden.

Gespritzte Rohrformteile aus Rohrqualität brachte 1968 die Firma Frank zusammen mit der AGRU Kunststofftechnik als erste auf den Markt. Mit diesen Rohr-Formteilen aus PE und PP begann die eigentliche Erfolgsgeschichte dieser beiden Rohwerkstoffe.



*Bild 3: Gespritzte Rohrformteile aus PE und PP – heute lieferbar bis zu einem Durchmesser von 630 mm, in allen gängigen Druckstufen*

Rohrsysteme mit diesen Formteilen wurden im Trinkwasserbereich ab 1970 als Brunnensteigerrohr bis zu einer Tiefe von 120 m zur Verrohrung der Pumpkammern – für Rohwasserleitungen – bis hin zur kompletten Verrohrung der Wasseraufbereitung eingesetzt.



*Bild 4: Einsatz von PE-Rohren in einer Wasseraufbereitungsanlage*

VERSORGUNG



## Sureline® II - Rohre, mehr als nur eine Schutzschicht



**Durchgängig** aus PE 100 VRC, das bedeutet kompletter Schutz in allen Rohrschichten, nicht nur am Innen- oder Außendurchmesser. Somit ideal für alle Bodenklassen und folgende Verlegearten:



- Berstlining (nur SDR 11),
- Einbau mittels Erdrakete (nur SDR 11),
- Fräsverfahren,
- Pflugverfahren,
- Relining,
- sandbettfreie Verlegung,
- Spülbohrverfahren.

Telefon +49 6105 4085-293/238  
info@frank-gmbh.de  
www.frank-gmbh.de

**FRANK**  
Der Vorsprung.



Bild 5: Verrohrung eines Trinkwasserhochbehälters aus PP

## Die Weiterentwicklung der Polyolefin-Werkstoffe

Die heute zum Einsatz kommenden PE- und PP-Formmassen haben mit den Werkstoffen der 60er Jahre nur noch wenige Gemeinsamkeiten.

Bereits 1975 wurden die ersten PE-Werkstoffe der zweiten Generation auf den Markt gebracht. Diese Formmassen können aufgrund ihrer Zeitstandfestigkeit in die Werkstoffklasse PE 80 eingestuft werden.

Bei der Berechnung und Auslegung von PE-Rohrleitungen hatte sich zu diesem Zeitpunkt nur wenig geändert. Die im Rohrbereich relevante DIN 8074 ging weiterhin von den gleichen zulässigen Betriebsdrücken aus. Die erhöhte Zeitstandfestigkeit führte lediglich zu einer Erhöhung der Sicherheitsreserven im Vergleich zum bisher eingesetzten PE 63.

1988 wurde die dritte Generation von PE-Formmassen vorgestellt. Diese unterscheidet sich im Vergleich zur zweiten Generation vor allem durch eine bimodale Molmassenverteilung. Heute wird die Festigkeitsklasse PE 100 mit dieser dritten Generation gleichgesetzt. Im Vergleich zu den bis dahin erhältlichen Werkstoffen weisen diese Formmassen eine hohe Anzahl von Seitenketten auf. Die Folge ist eine Optimierung der physikalischen und mechanischen Eigenschaften der amorphen Zone und damit des gesamten Materials.

Mit der Einführung der Festigkeitsklasse PE 100 wurden die zulässigen Belastungen in den Normen und Richtlinien an-

gepasst. Dabei wurden nicht nur die besseren Zeitstandeigenschaften, sondern auch die verbesserten Widerstände gegenüber langsamer und schneller Rissausbreitung durch die Anwendung neuer Sicherheitsfaktoren (mind. 1,25 für Wasser- und 2,0 für Gasrohrsysteme) berücksichtigt (Tabelle 1).

	SDR	PE 80	PE 100	PE-Xa
<b>Gas</b>	11	4 bar	10 bar	8 bar
	17	1 bar	4 bar	—
<b>Wasser</b>	7,4	20 bar	—	20 bar
	11	12,5 bar	16 bar	12,5 bar
	17	—	10 bar	—

Tabelle 1: Zulässige Betriebsüberdrücke für PE- und PE-Xa-Rohre in der Gas- und Wasserversorgung

Die hohe Festigkeit von PE 100 macht diesen Werkstoff auch für Fernwasserleitungen interessant. Gleich, ob Neuverlegung oder Sanierung – das elastische Verhalten bietet Verlegevorteile, die im Rohrleitungsbaugeschehen nicht mehr wegzudenken sind. Je nach den örtlichen Gegebenheiten werden PE-Rohre durch Einpflügen, Einfräsen oder im Spülbohrverfahren in großen Längen verlegt. Für die Sanierung von schadhaften Rohrleitungen eignet sich besonders das Langrohrrelining.



Bild 6: Sanierung einer Gussfernwasserleitung mit PE 100-Rohren, da 400 mm (Mainova Frankfurt am Main)

Mit dem Polyethylen der dritten Generation – PE 100 – werden heute komplette Trinkwassernetze, ausgelegt für einen Druck bis 16 bar, erfolgreich installiert.

Bei der Verrohrung von Schwimmbädern gab es setzungsbedingte Probleme am Beckenrand. Schwimmbäder, die mit PE verrohrt sind, kennen dieses Problem nicht. Es lag nahe, auch die komplette Badewasseraufbereitung mit einer Verrohrung aus PE zu versehen. Allein aus optischen Gründen wurde in diesem Bereich zum Teil auch PP verwendet. Die Alternative für diese Anwendungen wären hier wie bei der Trinkwasseraufbereitung Rohrsysteme aus Edelstahl oder emailliertem Guss. Beide Alternativen liegen preislich wesentlich über den Rohrsystemen aus PE oder PP.

Neben der Wirtschaftlichkeit kommt der Vorteil der niedrigen Wärmeleitfähigkeit zur Geltung. Durch diese entsteht in Anlagen der Wasseraufbereitung unter normalen Umständen kein Schwitzwasser.



*Bild 7: Badewasseraufbereitung komplett mit Armaturen sowie Mess- und Regeltechnik aus PE und PP*

### **Weitere Anwendungsmöglichkeiten**

Die guten Erfahrungen mit dem Werkstoff PE in Trinkwassernetzen waren Gründe genug, auch Gasversorgungsunternehmen auf diesen Rohrwerkstoff anzusprechen. Soweit nachvollziehbar wurde das erste PE-Gasrohr 1969 von der Firma Frank an die damalige Maingas in Frankfurt geliefert. Die Entwicklung ist selbstredend. Heute werden über 95 % der Ortsnetze mit Rohren aus PE verlegt.

Die Anwendung von Rohrsystemen aus PE und PP in Industrieanlagen ist überall dort angebracht, wo die Medien aggressiv sind. Das hohe Umweltbewusstsein und die gesetzlichen Bedingungen setzen bei Leitungen mit aggressiven



*Bild 8: Verrohrung einer Industrieanlage aus PP*

Medien ein hohes Maß an Sicherheit und damit auch ein hohes Maß an Qualität voraus.

Lückenlose Überwachung und Kontrolle sowohl bei der Herstellung der Rohre und der Rohrformteile als auch bei den Schweißarbeiten sichern dieses geforderte Qualitätsniveau.

Medien können auch in gasförmiger Form aggressiv sein. Zur Entlüftung und Entstaubung von industriellen Anlagen haben sich Rohrsysteme aus PE und PP mit elektrisch leitfähiger Ausrüstung ebenfalls bewährt.



Bild 9: Belüftungsleitungen aus PE in einem Kompostwerk

Werden aggressive Medien durch Leitungen in der Erde oder über eine Rohrbrücke gefördert, ist eine permanente Überwachung derartiger Rohre geboten. Hierzu werden Doppelrohrsysteme gefertigt, wo eine Leckage über Sensoren sofort angezeigt wird. Doppelrohrsysteme finden darüber hinaus ihre Anwendung für Sickerwasser aus Deponien zu entsprechenden Neutralisations- und Entgiftungsanlagen.

In nahezu jedem Industriebetrieb ist Druckluft zum Antrieb von Werkzeugen und zur Steuerung von Automation erforderlich. Druckluftleitungen setzen ebenfalls eine sehr hohe Sicherheit voraus. Geschweißte PE 100-Rohrsysteme sind auch bei dieser Anwendung gefragt. Neben der hohen Sicherheit ist auch die Unempfindlichkeit gegenüber Kompressorölen ein wichtiges Entscheidungskriterium.

Wenngleich eines der ältesten Anwendungsgebiete, so liegen heute auch die größten Zukunftsperspektiven für PE-Rohre beim Abwasser. Neben den Abwassernetzen in Chemiebetrieben gab es im kommunalen Bereich sehr wohl technisch



Bild 10: Doppelrohr mit Leckageüberwachung in einem Chemiebetrieb



Bild 11: Druckluftleitung aus PE 100

interessante Anwendungen. Der Marktanteil hingegen war – gemessen an den herkömmlichen Kanalrohrwerkstoffen – bedeutungslos. Der Hauptgrund lag ganz sicher im höheren Preis der Rohre selbst sowie der etwas größere Zeitaufwand bei der Schweißverbindung gegenüber einer einfachen Steckverbindung. Interessanterweise wurden jedoch schon von Anfang an Abwasserleitungen, die absolut dicht sein müssen, mit PE-Leitungen verlegt. Hier kann auf eine Vielzahl von Abwasserdüchern durch Flüsse und Seen hingewiesen werden. Hierzu wurden bei großen Objekten ab DN 500 und ab 10 km Länge Extruder in Containern an das Gewässer gestellt und endlos auf das Wasser extrudiert. Wenn dies nicht möglich war, wurden bereits in den 70er Jahren Rohre bis zu 100 m Länge mit Waggons transportiert.

Heute werden derartige Rohre in Fertigungslängen bis 30 m LKW-Verladen bevorzugt, da die Schweißverbindung im Verhältnis zum Frachtaufwand kein ausschlaggebendes Kriterium mehr darstellt.



*Bild 12: 100 m lange Rohre, DN 300, bei der Verladung auf Waggons*



*Bild 13: Die Elastizität der Rohre lässt auch im Kurvenbereich den Transport von großen Rohrlängen zu*



*Bild 14: Stumpfschweißmaschine mit CNC-Steuerung und automatischer Protokollierung der Schweißparameter*

Im innerstädtischen Bereich wird die Entscheidung nach dem bestgeeigneten Kanalrohrwerkstoff in vielen Kommunen nicht mehr nach den Gestehungskosten gewertet. Nach 50 Jahren positiver Erfahrung mit geschweißten Abwasserrohren, zeigt sich ein deutlicher Vorteil gegenüber Steckverbindungen mit elastischer Dichtung.

In geschweißten PE-Abwasserrohren gibt es keinen Wurzel- einwuchs. PE-Rohre sind elastisch, das heißt, sie brechen nicht bei Setzungen oder bei unzureichender Verdichtung. PE-Rohre sind sehr verschleißfest bei Hochdruckspülungen, und durch die wachsartige Oberfläche werden Wartungs- kosten eingespart.

Die positiven Erfahrungen beim Schweißen der PE-Rohre im Graben mit der Elektroschweißmuffe haben den Markt bewegt, dieses Verfahren auch für große Dimensionen marktreif zu machen. Hier war es wiederum das Unternehmen Frank, das die ersten Großrohre bis zu einem Durchmesser von 2 m mit integrierter Elektroschweißmuffe auf den Markt brachte.



Bild 15: Großrohrverlegung im verbauten Graben

Die Schweißung dieser Rohre erfolgt über einen einfachen Schweißautomaten, der über den am Rohr integrierten Barcode die erforderlichen Schweißparameter erkennt, selbst einstellt und nach abgeschlossener Schweißarbeit protokolliert.



Bild 16: Schweißautomat „Büffel“

Auch Schachtbauwerke, Stauraumkanäle mit Ein- und Auslaufbauwerken, Tunnelbauwerke in Mülldeponien lassen sich aus PE dauerhaft dicht herstellen. Die Größe derartiger Bauwerke wird nur durch den möglichen Transport zur Baustelle auf einen Durchmesser von 3,5 m begrenzt.

Großrohre aus polyolefinen Werkstoffen gewinnen auch als Druckrohre mehr und mehr an Bedeutung. Hier sind Wasch-



Bild 17: Beispiel Hosenstück mit integriertem Tangentialschacht (Hanse Wasser GmbH Bremen)



Bild 18: Druckleitungen DN 1400 – 1 bar aus PE 100 mit integrierter E-Muffe geschweißt (Kläranlage Ulm)

wasserleitungen in Rauchgas-Reinigungsanlagen aus PP oder Kühlwasserleitungen aus PE in Kraftwerken zu nennen.

Der Marktanteil von Großrohren aus PE in Kläranlagen dürfte bei 50 % liegen.

## Zusammenfassung und Ausblick

Mit 50 Jahren Praxiserfahrung mit immer wähernder Weiterentwicklung der Werkstoffe, der Produkte und der Verarbeitungstechnik ist ein beachtliches Marktsegment gewachsen.

Wer vor 50 Jahren eine Säureleitung aus PE oder PP verkaufen wollte, musste Überzeugungsarbeit leisten! Heute findet man PE- und PP-Rohrsysteme in jedem Chemiebetrieb. In der Gas- und Wasserversorgung sind PE-Rohre marktbeherrschend. In den letzten Jahren geht der Trend zu Rohrsystemen, die Einsparungen bei der Verlegung ermöglichen. Dies wird mit PE 100 VRC (very resistant to crack), mit vernetztem PE (PEX) oder mit Schutzmantelrohren erreicht.

Mit 100 Jahren erwarteter Funktionsfähigkeit von PE-Rohren und Bauteilen ist der größte Marktzuwachs bei Abwasser- netzen zu erwarten.

Die Erfolgsgeschichte der polyolefinen Rohrwerkstoffe wird fortgeschrieben. ■