

# Ein neues revolutionäres Verfahren für Rohre aus biorientiertem PVC

Joel Fumire, SolVin, Brüssel

## Was ist molekular orientiertes PVC (PVC-O)?

Hinreichend bekannt ist die Tatsache, dass sich die mechanischen Eigenschaften von Polymeren durch die Orientierung der Polymerketten in eine oder zwei Richtungen deutlich verbessern lassen. So wird z.B. bei Verfahren zur Herstellung von Fasern ein isotropes Polymer üblicherweise in eine hochgradig anisotrope Form umgewandelt, bei der die makromolekularen Ketten nahezu parallel zur Faserachse ausgerichtet sind. Je mehr der Grad der molekularen Orientierung zunimmt, desto stärker erhöhen sich auch die mechanischen Eigenschaften wie Zugfestigkeit und E-Modul. In ähnlicher Weise lassen sich Polymerketten in zwei Richtungen recken und orientieren (biaxiales Recken), was mit dem Vorteil verbunden ist, dass sich die mechanischen Eigenschaften an der Oberfläche verbessern.

Im Allgemeinen weisen Kunststoffe eine sehr gute Festigkeit gegenüber höheren Drücken auf, was sie für die Trinkwasserversorgung besonders attraktiv macht. In diesem Bereich sind Nenndrücke von 20 bar weit verbreitet. Auf diesen Markt entfallen heutzutage in Europa mehr als 450 kt p.a.

Die Fähigkeit, einem bestimmten Druck standzuhalten, wird im Rahmen von Standardprüfungen beurteilt. Die Druckfestigkeit steht dabei nicht nur mit dem Werkstoff, sondern auch mit der Rohrwanddicke in Zusammenhang und ergibt sich aus der wohl bekannten Formel:

$$p = \frac{20 \cdot MRS}{DC \cdot ((D/e)-1)}$$

wobei MRS (Minimum Required Strength) für die Langzeitfestigkeit des Werkstoffs steht (extrapoliert auf 50 Jahre), DC den Auslegungskoeffizienten bezeichnet, D den Rohrdurchmesser und e die Rohrwanddicke angibt.

Die Erhöhung von MRS – oder, anders ausgedrückt, die Erhöhung der mechanischen Festigkeit, während die Rohrwanddicke so gering wie möglich bleibt – war schon immer das wesentliche Ziel der Konstrukteure von Kunststoffrohren. Bei PVC-Rohren sind aus dieser Zielsetzung verschiedene Technologien entstanden, mit denen sich die gewünschte molekulare Orientierung in zwei Richtungen und somit eine erhebliche Verbesserung der mechanischen Eigenschaften erreichen lässt. Die Biorientierung oder das biaxiale →

PVC ist bekannt für seine Langlebigkeit und Vielseitigkeit. Baerlocher Additive in verschiedensten Rezepturen und Produktformen ermöglichen die vielfältigen Eigenschaften dieses modernen Kunststoffes. Mit unserem Know-how als einer der weltweit führenden Entwickler und Hersteller von Additiven gehen wir individuell auf Ihre speziellen Anforderungen ein. Baerlocher liefert kundenorientierte Stabilisator-Lösungen auf Basis von Calcium, Blei und Zinn (Baerostab®), Baeropan®) sowie eine breite Palette anderer Additive. [www.baerlocher.com](http://www.baerlocher.com)



**Kunststoff Additive  
weltweit**

we add character to plastics

**BÄRLOCHER**



Recken von PVC ist ein ganz besonderes Verfahren, das gleichzeitig die Langzeitdruckfestigkeit (MRS), die Steifigkeit (E-Modul) und die Schlagzähigkeit verbessert.

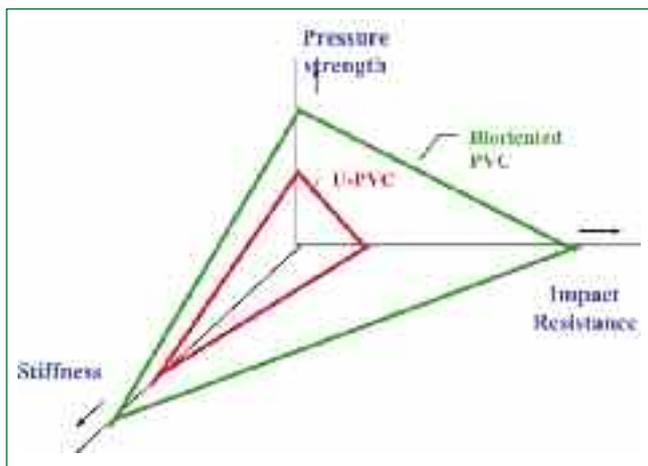


Bild 1: Druckfestigkeit, biorientiertes PVC, Schlagzähigkeit, Steifigkeit

Die Biorientierungstechnologie kommt heutzutage in mehreren wichtigen PVC-Anwendungsbereichen zum Einsatz:

- ▶ bei Dachplatten (insbesondere transluzenten Welldachplatten für Treibhäuser),
- ▶ bei Flaschen (für leicht kohlendioxidhaltiges Wasser),
- ▶ bei Druckrohren.

Diese molekulare Orientierung wird im Prinzip durch ein ziemlich einfaches Verfahren erreicht. Eine relative dicke Schicht (Platte oder Flasche oder Rohr) wird auf eine Temperatur oberhalb von  $T_g$  erwärmt, bei der der Kunststoff zwar noch „fest“ ist, jedoch bereits einen gummiartigen Zustand mit mäßiger Viskosität aufweist (bei einer Temperatur von annähernd  $100^\circ\text{C}$ ). Der Gegenstand wird dann in zwei Richtungen auf das gewünschte Maß gereckt und die Polymermoleküle werden parallel zur Oberfläche orientiert. Im nächsten Schritt muss das Produkt unterhalb von  $T_g$  ( $< 80^\circ\text{C}$  für PVC) abgekühlt werden, um die neue Molekülorientierung „einzufrieren“.

Die außerordentlichen mechanischen Eigenschaften der dünneren Kunststoffschicht sind das Ergebnis des Biorientierungsverfahrens. Diese Verbesserung steht im Verhältnis zum Grad

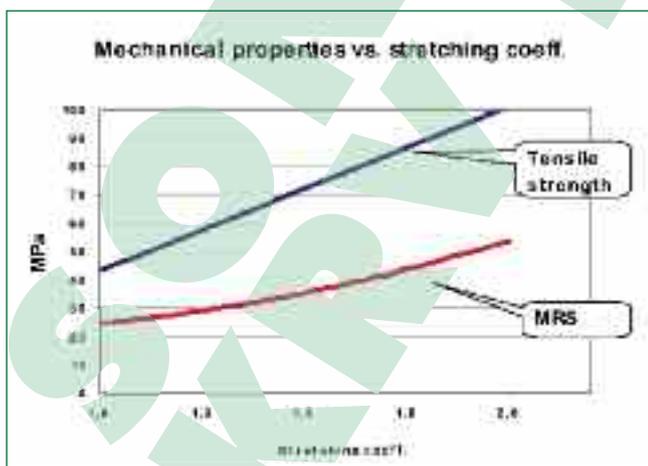


Bild 2: Mechanische Eigenschaften ./.. Reckkoeffizient, MPa Zugfestigkeit, MRS, Reckkoeffizient

der Orientierung oder, anders ausgedrückt, zum Grad des Reckens (siehe Bild 2).

## Eigenschaften und Normen

Das Thema Trinkwasserversorgung gewinnt in Europa und überall auf der Welt zunehmend an Bedeutung. In allen großen europäischen Ländern gelten strenge Vorschriften für den Transport von Trinkwasser. Diese Vorschriften beziehen sich nicht nur auf die mechanischen Anforderungen an die Transporteinrichtungen (wie z.B. Druckfestigkeit), sondern sie verlangen auch den Ausschluss einer Wasserverunreinigung von außen (z.B. durch Migration aus dem Material) und die Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Wachstum von Bakterien. PVC ist ein ausgezeichneter Werkstoff, der alle diese Forderungen erfüllt.

Biorientierte Rohre werden in verschiedenen ISO- und nationalen Normen beschrieben. Viele dieser Normen wurden vor kurzem erst revidiert beziehungsweise befinden sich zurzeit in Überarbeitung.

- ▶ ISO 16422 wurde 2006 revidiert. Sie beschreibt PVC-Werkstoffe mit folgenden MRS-Werten: 315, 355, 400, 450 und 500 (nicht orientiertes Standard-PVC weist einen MRS-Wert von 250 auf).
- ▶ ISO 12162, die auf die Auslegungskoeffizienten (auch Sicherheitsfaktoren genannt) aller für Druckrohre verwendeten Thermoplaste eingeht, wird zurzeit überarbeitet. 2007 wurde ein Entwurf für PVC-O (biorientiertes PVC) als neuer Werkstoff vorgelegt.
- ▶ In Deutschland befindet sich ein Dokument in Vorbereitung, das die Zertifizierung neuer Anlagen gestattet (DVGW Prüfgrundlage VP 654, veröffentlicht im Oktober 2007).

Auch wenn biorientierte Rohre schon seit vielen Jahren bestehen, werden verschiedene Normungsunterlagen erst jetzt aktualisiert, um der technologischen Entwicklung bei PVC-O-Rohren Rechnung zu tragen.

## Bestehende Orientierungstechnologien

Bis vor kurzem gab es lediglich zwei großtechnisch eingesetzte Verfahren, mit denen sich die Biorientierung erzielen ließ: das „In-Batch-Verfahren“ und das „Konti-Verfahren“.

### IN-BATCH-VERFAHREN

Dieses Verfahren ist auch als 2-Stufen-Verfahren bekannt, da in der ersten Stufe ein (dickes) Rohr unter Verwendung normaler Abzugs- und Schneideeinrichtungen extrudiert wird. In der zweiten Stufe wird ein Einzelrohr auf die gewünschte Temperatur erwärmt (im Allgemeinen in einem Wasserbad), in eine Form gelegt und unter Druck gesetzt, um die gewünschte Materialausdehnung und -biorientierung zu erreichen.

Dieses Verfahren zeichnet sich durch eine gute Prozessstabilität aus; vom ersten bis zum letzten Rohr erhält man Erzeugnisse von hoher Qualität, auf die die Herstellungsbedingungen keinen Einfluss haben. Dabei wird ein sehr hoher Grad an Orientierung erreicht. Durch dieses Verfahren werden üblicherweise die besten PVC-O-Rohre gefertigt, was zu erheblichen Einsparungen beim Rohstoff und einer besseren Definition des Endprodukts führt. Ein weiterer, nicht zu ver-

# PVC von SolVin

## Bei jeder Herausforderung

www.solvinpvc.com



**SolVin wünscht dem  
KRV alles Gute zum  
50. Geburtstag!**

In enger Zusammenarbeit mit seinen Kunden hat SolVin eine umfassende Bandbreite an PVC-Kunststoffen für alle denkbaren Industriezweige und Gebrauchsformen entwickelt, ob für Röhre oder Armaturen, für Anwendungen aus Hart- oder Weich-PVC. Durch permanente Forschung und die ständige Weiterentwicklung der vielseitigen Einsatzmöglichkeiten von PVC möchte SolVin Ihr Partner bei der Verwirklichung Ihrer innovativen Projekte werden. Bei jeder Herausforderung.

nachlässigender Vorteil betrifft das Produktionspersonal, weil hierfür verhältnismäßig wenig zusätzliche fachliche Ausbildung erforderlich ist. Da die dicken Rohre zwischen dem ersten und dem zweiten Produktionsschritt gelagert werden müssen, besteht bei diesem Verfahren ein größerer Personalbedarf als beim Konti-Verfahren. Außerdem ist der Energieverbrauch in diesem 2-Stufen-Verfahren etwas höher.

Zu beachten ist, dass alle Arten von biorientierten PVC-Rohren mit unterschiedlicher Druckauslegung und großen Durchmessern mit Hilfe dieser Technologie gefertigt werden können.

### KONTI-VERFAHREN

Bei diesem einstufigen Verfahren erfolgt die molekulare Orientierung in der kontinuierlich arbeitenden Extrusionslinie, indem das aus dem Werkzeug kommende Rohr über eine Vorrichtung gezogen wird, welche für das radiale und axiale Recken sorgt.

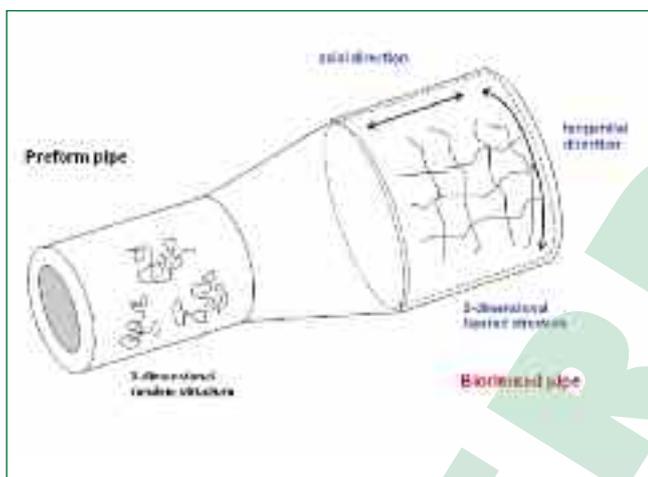


Bild 3: Vorgeformtes Rohr mit 3-dimensionaler Zufallsstruktur (links), biorientiertes Rohr mit 2-dimensionaler Schichtstruktur, axiale Richtung variabel, tangential Richtung 70 % (rechts)

Im Vergleich zum herkömmlichen 2-Stufen-Verfahren werden keine Zwischenlagerung und kein zusätzliches Personal benötigt. Die Erhöhung der Fertigungskosten hält sich in Grenzen. Das Verfahren ist mit üblichen Anlagenlayouts vereinbar. Das Anfahren der Extrusionslinie und die korrekte Führung aller Parameter sind allerdings heikel und für das Betreiben der Linie sind hoch qualifizierte Mitarbeiter erforderlich. Außerdem ist der mögliche Expansionsgrad bei diesem Verfahren etwas niedriger als beim 2-Stufen-Verfahren.

### Ein neues Verfahren

Bei dem von MOLECOR® angebotenen Verfahren handelt es sich um ein Inline-Verfahren (für das also keine Zwischenlagerung von dicken Rohren erforderlich ist), mit dem sich die hohe Prozesseffizienz gewährleisten und gleichzeitig die Fertigungskosten niedrig halten lassen. Das Verfahren ist mit üblichen Extrusionslinien vereinbar. Auf Wunsch ist auch ein Offline-Betrieb möglich, bei dem eine Beschickung aus dem Rohrvorrat erfolgt.

Das Verfahren erreicht einen sehr hohen Expansions- und Orientierungsgrad, was zu erheblichen Einsparungen beim

Rohstoffverbrauch führt und gleichzeitig den Zugang zum kompletten Produktspektrum ermöglicht. Der Einsatz von Formen für die Orientierungsstufe sorgt für eine hohe Prozessstabilität und vermeidet den Bedarf an hoch spezialisiertem Personal.

Das MOLECOR®-System ist in der Lage, diskontinuierlich mit kleinen Losgrößen zu arbeiten, wodurch häufiges Anfahren und Abschalten vermieden werden.



### Die Zukunft von biorientierten PVC-Rohren

Angesichts des Bedarfs an einer Wasserversorgung von hoher Qualität und der Notwendigkeit kosteneffektiver Lösungen bedeuten biorientierte PVC-Rohre eine überaus interessante Lösung für den Rohrmarkt. Die ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften von PVC-O-Rohren, die sich mit dünneren Wänden erreichen lassen, garantieren erhebliche Materialeinsparungen!

Sowohl das hier beschriebene „In-Batch“- als auch das „Konti“-Verfahren haben jeweils ihre eigenen Vorteile und Einschränkungen. Das neue MOLECOR®-Inline-Verfahren verbindet die Vorteile dieser beiden Verfahren und stellt eine interessante Alternative für einen Hersteller dar, der die PVC-O-Rohrherstellung mit guten Chancen auf Erfolg aufnehmen und gleichzeitig seinen Investitionsaufwand sowie die technologischen Risiken in Grenzen halten möchte. ■

Besuchen Sie den  
Kunststoffrohrverband im Internet:

[www.krv.de](http://www.krv.de)

Informieren Sie sich über die Welt  
der Kunststoffrohre!