

# Von der Kraftstoffleitung zum Gasrohr

## Rohre aus PA12 zur Führung kohlenwasserstoffhaltiger Medien

Wie werden aus dünnen Leitungen großvolumige Rohre? Zur Beantwortung dieser Frage ist es erforderlich, die gesamte Prozesskette zu betrachten. Der Kunststoffhersteller muss Fachkenntnis für die Endanwendung entwickeln, um ein „rundes“ Produkt abliefern zu können.

Bis zu 200 m Rohrleitung aus PA12 lassen sich aufrollen. Im Gegensatz dazu passen Stahlrohre mit einer maximalen Länge von 18 m auf einen Lkw (Bilder: Evonik Industries)



Bei der Entwicklung einer neuen Anwendung berufen sich Unternehmen häufig auf ihre Erfahrung: Schlagworte wie „jahrzehntelange Kunststoffkompetenz“, „global aufgestellte Experten“ oder „Rückwärtsintegration bis zum Monomer“ werden dabei gerne genutzt. Doch selbst diese Vorteile sind nicht immer ausreichend. Wenn das Expertenwissen beim Prozessschritt der Extrusion endet, ist die Endanwendung noch lange nicht in Sicht. Für eine nachhaltige Produktentwicklung sind noch einige weitere Schritte erforderlich.

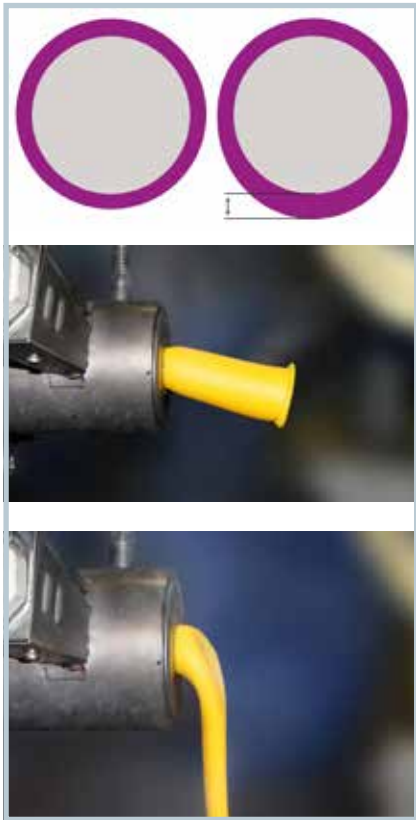
Im Jahr 2001 war PA12 als Kunststoff in der Automobilindustrie bereits seit vielen Jahren etabliert. Mono- und Mehrschicht-

leitungen aus PA12 kamen in Form von Kraftstoffleitungen, Druckluftbremsleitungen oder Hydraulikleitungen bereits in den Fahrzeugen zahlreicher Automobilhersteller weltweit zum Einsatz. Insbesondere die gute Chemikalienbeständigkeit machte PA12 zum idealen Material für den Kontakt mit kohlenwasserstoffhaltigen Medien.

Daher lag für Evonik Industries AG, Marl, der Gedanke nah, PA12 für weitere Anwendungen mit Kohlenwasserstoffkontakt zu verwenden. Eine anspruchsvolle Anwendung waren Gasrohre, die bisher aus Stahl hergestellt wurden. Im Niederdruckbereich bis 10 bar für Hausanschlüsse hatte Polyethylen (PE) den Stahl

zwar bereits ersetzt, doch im Mitteldruckbereich bis 16 bar für Verteilungsleitungen und Industrieanschlüsse reicht PE nicht mehr aus. Hier war Stahl weiterhin der einzige Werkstoff – und PA12 eine vielversprechende Alternative.

Rohre aus PA12 haben gegenüber Stahl mehrere Vorteile. Die Kunststoffrohre sind wickelbar, sodass etwa 150 bis 200 m auf eine Rolle passen (Titelbild). Stahlrohre hingegen haben eine maximale Länge von 18 m, da sie sonst nicht mehr mit dem Lkw transportiert werden können. Bei Kunststoffrohren sind daher wesentlich weniger Schweißungen notwendig. Damit reduzieren sich auch die Installationszeit und die Installationskos-



**Bild 1.** Oben: Schematische Darstellung der Auswirkungen auf die Rohrdimension bei der horizontalen Extrusion (links: hohe Viskosität, rechts: niedrige Viskosität). Mitte: Extrusion von Material mit hoher Viskosität bzw. Schmelzesteifigkeit. Unten: Extrusion von Material mit niedriger Viskosität bzw. Schmelzesteifigkeit

schlauchs mit einer ungleichmäßigen Wanddickenverteilung nach der Extrusionsdüse (**Bild 1**). Daher musste ein neuer PA12-Typ entwickelt werden. Hier halfen in der Tat die weitreichende Erfahrung und Rückwärtsintegration weiter: Durch die gezielte Auswahl der Monomere und die Modifizierung der Polymere wurde das richtige Verhältnis von Viskosität und Steifigkeit in relativ kurzer Zeit erreicht.

Die Einstellung der Materialeigenschaften allein reichte allerdings nicht aus. Gleichzeitig musste sichergestellt sein, dass sich der neue PA12-Typ auch auf Standard-PE-Extrudern verarbeiten ließ. Teure Umrüstungen für die Kunststoff-Rohrhersteller sollten schließlich vermieden werden. Nach ersten Testläufen war klar, dass je nach Fahrweise und Verarbeitungsbedingungen geringere Durchsätze im Vergleich zu PE resultieren. Dies liegt einerseits an der erhöhten Viskosität, durch die sich ein großer Druck im Extruder aufbaut. Andererseits wird zum Aufschmelzen des Granulats in der Schnecke ein höheres Drehmoment benötigt. In zahlreichen Tests bei Verarbeitern sowie in Versuchen mit dem Institut für Produkt Engineering der Universität Duisburg-Essen (IPE) wurden schließlich mehrere Maßnahmen erarbeitet. Neben der Optimierung der Verarbeitungs- »

ten. Darüber hinaus ist die Wartung weniger aufwendig, da kein kathodischer Korrosionsschutz (Permanentstrom oder „Opferanode“) notwendig ist. Durch die einfachere Montage, das leichtere Handling und die geringeren Wartungskosten liegen die Systemkosten mit PA12 deutlich unter denen von Stahl. Doch es gab eine Hürde zu meistern: Der Außendurchmesser von Gasrohren im Mitteldruckbereich liegt bei 160 mm und mehr. Derartige Rohrdimensionen waren noch nie mit PA12 extrudiert worden. Dies war eine echte Herausforderung für Forschung und Anwendungstechnik.

### Optimierung der Verarbeitung

Erste Extrusionsversuche zeigten erwartungsgemäß schnell, dass die Viskosität und die Schmelzesteifigkeit des Materials zu niedrig waren. Dadurch war der Schmelzschlauch nur schwierig zu handhaben. Es kam unter anderem zum typischen Durchhängen des Schmelze-



**Bild 2.** In den vergangenen Jahren sind zahlreiche Testinstallationen sowie eine Reihe von kommerziellen Installationen mit PA12-Rohren erfolgt



**Bild 3.** Schon bei der Entwicklung des Kunststoffstoffs muss die spätere Verbindungstechnik auf der Baustelle mitbedacht werden

parameter wurden u. a. die Temperaturen im Einzugsbereich deutlich erhöht, um das benötigte Drehmoment zu reduzieren. Somit können geringere Durchsätze größtenteils kompensiert werden. Da PA12 eine geringere Schwindung als PE hat, muss zudem die Kalibrierung entsprechend dimensioniert werden. Auf

## Die Autoren

**Dipl.-Ing. Markus Hartmann** arbeitet seit 2007 bei Evonik Industries AG, Marl, und ist als Business Manager für die globale Markteinführung von Vestamid NRG in der Gasindustrie verantwortlich; markus.hartmann@evonik.com

**Dr.-Ing. Karl Kuhmann** ist bei Evonik Industries, Anwendungstechnik High Performance Polymers, für Verarbeitungstechnologie und CAE verantwortlich; karl.kuhmann@evonik.com

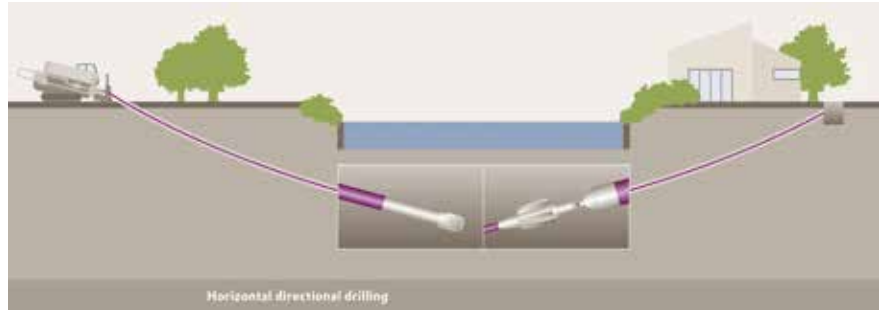
## Service

### Digitalversion

- » Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/829455](http://www.kunststoffe.de/829455)

### English Version

- » Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)



**Bild 4.** Die Spülbohrtechnik ist nur eines von mehreren grabenlosen Rohrverlegungsverfahren. PA12-Rohre müssen den jeweiligen mechanischen Ansprüchen genügen

diese Weise wird sichergestellt, dass großvolumige PA12-Rohre auch auf Standard-PE-Maschinen wirtschaftlich und maßhaltig produziert werden können.

Im Jahr 2004 war das Produkt damit bereits verfügbar. Der neue PA12-Typ erfüllte die geforderten Materialeigenschaften, ermöglichte die Herstellung von Rohren mit einem Außendurchmesser von bis zu 300 mm und war für die Kunststoffverarbeiter einfach zu handhaben – doch die eigentliche Arbeit begann erst jetzt.

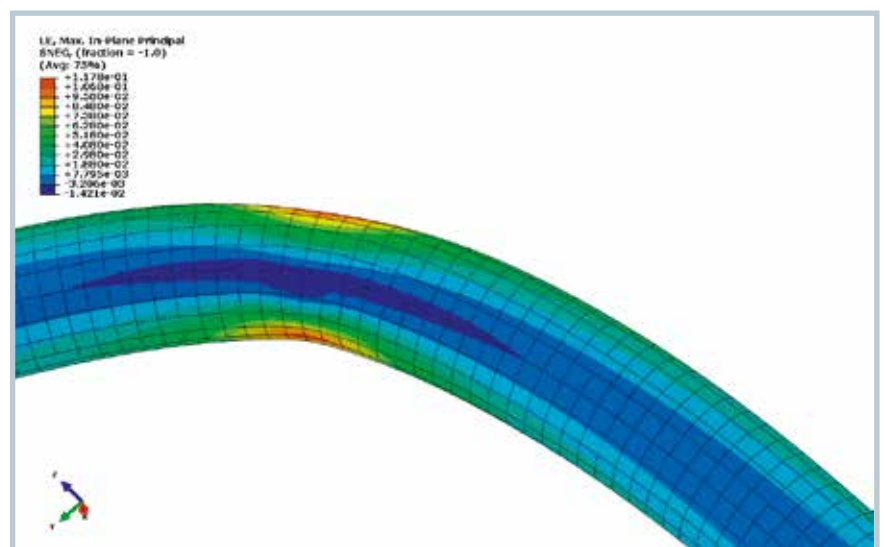
## Nachhaltige Produktentwicklung

In den ersten Jahren während und nach der Materialentwicklung ging es vor allem um den weiteren Wissensaufbau. Nationale und internationale Standardisierungen und Normen mussten berücksichtigt werden. Entscheidende Fragen waren: Welche Verlegetechniken für Gas-

rohre sind zu bewerten? Wie werden die Rohre optimal miteinander verbunden? Welche Systemprüfungen werden durchgeführt? Kurz: Wie funktioniert das ganze System und wie passt PA12 da hinein?

Teil dieses Wissensaufbaus war der intensive Austausch mit zahlreichen Gasnetzbetreibern und Rohrerstellern sowie das intensive Engagement bei Normungsgremien und Verbänden. Bei allen Gesprächen standen von Anfang an Sicherheitsaspekte und eine lange Lebenszeit der Rohre im Vordergrund. Schließlich muss ein erdverlegtes Gasrohr über 50 Jahre zuverlässig halten.

Mit verschiedenen externen Partnern und Instituten wie dem Gas Technology Institute, Des Plaines, Illinois/USA, wurden Material- und Systemtests absolviert: Der Rapid Crack Propagation Test und der Slow Crack Growth Test bestätigten beispielsweise die herausragenden Eigenschaften eines PA12-Rohrs und einen rei-



**Bild 5.** Die FEM-Berechnungen zeigen die mechanischen Belastungen beim Biegen und Knicken der Rohre auf und ermöglichen so zuverlässige Vorhersagen und Empfehlungen (dargestellt ist das Abknicken eines Rohrs unter Biegebelastung)

bungslosen Betrieb bei einem Betriebsdruck von bis zu 18 bar.

In den folgenden Jahren wurden mehrere Testinstallationen, unter anderem in Deutschland und den USA, abgeschlossen (**Bild 2**). Sie wurden dabei nicht nur in verschiedenen Böden und Klimazonen durchgeführt, sondern auch mit unterschiedlichen Schweißtechniken (**Bild 3**) und Verlegeverfahren (**Bild 4**). Diese Testinstallationen trugen entscheidend dazu bei, das komplette System besser zu verstehen und die Zuverlässigkeit nachzuweisen. Inzwischen sind bereits eine Reihe von kommerziellen PA12-Versorgungsleitungen in den USA und Brasilien in den Regelbetrieb übergegangen. Von dieser Erfahrung profitieren auch Rohrerhersteller und Installationsfirmen.

Neben Verarbeitungsempfehlungen bietet Evonik auch CAE-Unterstützung, um das Rohrsystem vor der eigentlichen Installation zu bewerten. So können Knick- und Biegewinkel berechnet werden, um die Wickelbarkeit des Rohrs un-

ter bestimmten Außenbedingungen wie Temperatur und Luftfeuchtigkeit vorherzusagen (**Bild 5**). Aus den Berechnungen lassen sich auch Indizien für die Erdverlegung ableiten, beispielsweise wie das Rohr sich verhält, wenn es durch Steine oder Erdbewegungen stärker verformt wird als ursprünglich geplant. Numerische Berechnungsverfahren wie die Finite-Elemente-Methode (FEM) ermöglichen zuverlässige Vorhersagen, aus denen Empfehlungen abgeleitet werden können. Damit unterstützt Evonik nicht nur Rohr- und Fittinghersteller bei der Prozessauslegung, sondern auch die nachfolgenden Verarbeiter bei der Installation und Montage.

### *Weitere Anwendungsbereiche*

Gasrohre sind nicht die einzigen großvolumigen Rohre, für die das neue PA12 in Frage kommt: Neben Vollkunststoffrohren wird PA12 auch als Materialschicht in flexiblen Ölförderleitungen für Bohrin-

seln eingesetzt. Auch hier sind Materialeigenschaften wie Festigkeit und Schlagzähigkeit, Chemikalienbeständigkeit und geringe Wasseraufnahme die entscheidenden Faktoren. Zudem kann PA12 als Außenumhüllung für Stahlrohre oder als Innenschicht (Liner) für Ölförderleitungen am Meeresboden verwendet werden. Jede dieser Anwendungen hat ihre eigenen Standards, Normen und Zulassungsbeschränkungen. Daher muss für jeden Einsatzbereich wieder entsprechendes Know-how erarbeitet werden.

Auch wenn die Entwicklung der neuen PA12-Typen unter dem Markennamen Vestamid NRG schon seit mehreren Jahren abgeschlossen ist, so finden doch immer wieder Optimierungen statt, um für jede Anwendung und jeden Einsatz das bestmögliche Produkt anzubieten. Nachhaltige Produktentwicklung bedeutet also vor allem: Intensiver Wissensaufbau, enge Industriekontakte – und ein sehr langer Atem. ■