

Polyurethan (PUR)-Hartschaumstoff zur Dämmung von Rohrleitungen

Dr. Rainer Welte
Lutz-P. Godthardt



Polyurethan (PUR)- Hartschaumstoff zur Dämmung von Rohrleitungen

Inhalt

	Seite
1. Bayer PUR-Anwendungstechnik - Pionier der Rohrdämmung	2
2. Entwicklung der Polyurethane	4
3. Polyurethan-Verfahrenstechniken	5
3.1 Gießtechnik	5
3.2 Mischkopf-Ziehtechnik	6
3.3 Spritztechnik für jede Dämmdicke	7
3.4 Papier-Einziehtechnik	8
3.5 Kontinuierliche Rohrdämmung	9
3.6 PUR-Isolierung vor Ort	10

1. Bayer PUR-Anwendungstechnik - Pionier der Rohrdämmung

Mit Polyurethan (PUR)-Hartschaumstoff gedämmte Rohre werden seit 30 Jahren weltweit erfolgreich eingesetzt - überall dort, wo Wärme oder Kälte durch Leitungen transportiert wird. Die wichtigste Aufgabe ist dabei, den Wärmeaustausch mit der Umgebung so gering wie möglich zu halten. Das hervorragende Dämmvermögen der PUR-Hartschaumstoffe hat diesen eine bevorzugte Stellung unter allen Dämmstoffen eingebracht. Wegen ihres guten Dämmvermögens und anderer herausragender Eigenschaften - wie hohe mechanische Festigkeit, hohe Wärmebeständigkeit und geringe Wasseraufnahme - haben sich PUR-Hartschaumstoffe für die Rohrdämmung heute in vielen Anwendungsbereichen durchgesetzt.

Spitzenqualität für Fernwärmerohre

Das Spektrum von PUR-gedämmten Rohren reicht von kleinsten Installationsrohren mit nur 5 mm Dämmdicke bis hin zu großen Rohrdurchmessern von 2000 mm und Dämmdicken bis 250 mm im Fernwärme- und Tieftemperaturbereich. Besonders für den Fernwärme-Transport gibt es keinen besseren Dämmstoff als PUR-Hartschaumstoff: Durch die flexiblen Möglichkeiten der Dämmung selbst über lange Strecken und die hohe Dämmleistung können Fernwärmerohre zuverlässig und dauerhaft isoliert werden.

PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN VON PUR-HARTSCHAUMSTOFFE FÜR VORISOLIERTE ROHRE

c-Pentan-System
R-141b-System
CO₂-System
Mindestanforderung gemäß EN-253

	c-Pentan-System	R-141b-System	CO ₂ -System	Mindestanforderung gemäß EN-253
Geschlossenzelligkeit [%]	≥ 88	91	89	90
Kernrohddichte [kg/m ²]	≥ 60	91	70	83
Wärmeleitfähigkeit bei 50 °C [W/m·K]	≤ 0,033	0,030	0,027	0,027
Druckfestigkeit, radial [MPa]	≥ 0,30	0,50	0,50	0,50
Wasseraufnahme bei 100 °C 90 Min. [%]	≤ 10	4,2	6,0	4,5
Scherfestigkeit bei 23°C, tangential [MPa]	≥ 0,20	0,62	0,55	0,60

PUR-Systeme und ihre Eigenschaften

Für alle Anwendungsgebiete in der Rohrdämmung stellt Bayer PUR-Schaumstoffsysteme zur Verfügung, die unter Verwendung des Treibmittels c-Pentan, Kohlendioxid oder R141b hergestellt

werden. Für das Haupteinsatzgebiet "Vorisiolierte Rohre" gibt die Tabelle eine Übersicht über die Eigenschaften der verfügbaren PUR-Systeme. Werden diese im Fernwärmebereich eingesetzt, unterliegen sie der Europäischen Norm EN 253.



2. Entwicklung der Polyurethane

Das Nonplusultra der Dämmstoffe

Der durchschlagende Erfolg der PUR-gedämmten Rohrleitungen kam nicht über Nacht - Bayer hat ihn gemeinsam mit Kunden erarbeitet. In den 60er Jahren wurden vorwiegend anorganische Dämmstoffe wie Mineralfaser verwendet. Nach konventioneller Bauart mussten erst die mediumführenden Rohrleitungen vor Ort verlegt werden, bevor mit der Dämmung begonnen werden konnte. Die neue Idee, diese aufwendige, wetterabhängige Dämmarbeit durch gut kontrollierbare Vorgänge in der Fabrik vorwegzunehmen, konnte mit PUR-Hartschaumstoffen von Bayer umgesetzt werden.

Beginn der werkseitigen Dämmung

Mit dem neuen Verfahren wurde einfach der Hohlraum zwischen dem mediumführenden Rohr und einem äußeren, konzentrisch angeordneten Schutzrohr ausgeschäumt. Nach Verlegung und Zusammenbau der Rohre mussten lediglich die Verbindungsstellen vor Ort noch gedämmt und abgedichtet werden.

Ein Konzept, das hohe Anforderungen an den Dämmstoff stellte:

- Niedrige Wärmeleitfähigkeit, um hohe Dämmfähigkeit zu gewährleisten
- Hohe Wärmebeständigkeit, um einen weiten Anwendungsbereich zu erschließen
- Hohe mechanische Festigkeit, um Beschädigungen bei Transport und Verlegung zu vermeiden
- Gutes Fließvermögen des aufsteigenden Schaumstoffs, um auch große Rohrlängen auszufüllen
- Hohe Scherfestigkeit, um eine Ablösung bei thermischer Längenänderung zu vermeiden
- Gute Geschlossenzelligkeit, um ein Ausbreiten von Feuchtigkeit zu verhindern

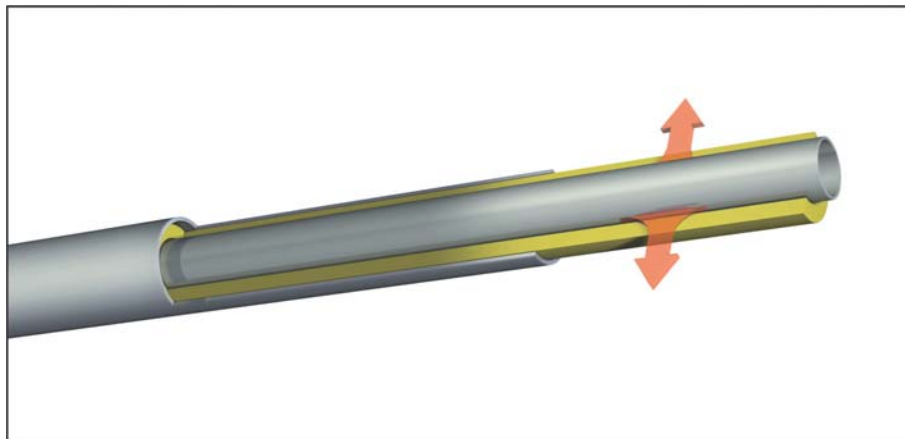


Bild 1: Optimale Wärmedämmung durch PUR-Hartschaumstoff.

Durch intensive Forschungsarbeit gelang es, diese Anforderungen zu erfüllen. Bayer leistete auf diesem Gebiet Pionierarbeit und stellte als erstes Unternehmen die geeigneten PUR-Rohstoffe zur Verfügung.

Durch ständige Forschung und Weiterentwicklung wurden die Eigenschaften unserer Produkte immer weiter verbessert. Deshalb gehören wir heute zu den weltweit führenden PUR-Rohstoffherstellern im

Rohrbereich und können, als einer der wenigen Anbieter, die Leistungsfähigkeit unserer Produkte durch Prüfzeugnisse von amtlich anerkannten Instituten unter Beweis stellen.

3..Polyurethan-Verfahrenstechniken

Viele Wege führen zum Dämm-Erfolg

Das Anwendungsspektrum ist groß - daher werden auch viele unterschiedliche Methoden zur Dämmung von Rohren eingesetzt. Dabei kann man grundsätzlich die Methoden der Vor-Ort-Dämmung von denen der werkseitigen Dämmung unterscheiden. Soweit möglich, wird die werkseitige Dämmung wegen ihrer Witterungsunabhängigkeit bevorzugt. Bei der fabrikatorischen Dämmung gibt es die kontinuierlichen und die diskontinuierlichen Verfahren. In der Tabelle werden die gebräuchlichsten Verfahren und typische Einsatzgebiete dargestellt.

Die wichtigsten Einsatzgebiete von PUR-gedämmten Rohren:

- Fernwärmetransport
- Öl- und Gaspipelines
- Anlagenbau (Industriebau, z. B. Chemie, Raffinerie, Kraftwerke)
- Heizungs- und Sanitärbereich

VERFAHREN ZUR DÄMMUNG VON ROHREN MIT PUR-HARTSCHAUMSTOFF		
Fabrikatorische Herstellung		Vor-Ort-Dämmung
diskontinuierlich	kontinuierlich	
Gießtechnik • Fernwärme • Heizung und Sanitär • Anlagenbau	Verbundrohrfertigung • Fernwärme • Heizung und Sanitär	Schottverfahren • Anlagenbau • Pipeline • Fernwärme (Muffen)
Ziehtechnik • Fernwärme • Pipeline	Rohrschalenfertigung • Heizung und Sanitär • Anlagenbau	Überschichtungsverfahren • Anlagenbau
Rohrschalenfertigung • Heizung und Sanitär • Anlagenbau • Pipeline	Spritztechnik • Fernwärme • Pipeline	Rohrschalenverlegung • Heizung und Sanitär • Anlagenbau • Pipeline

3.1 Gießtechnik

Die gängigste Art der Rohrdämmung ist die Gießtechnik. Dabei wird der Hohlraum zwischen Innenrohr und Mantelrohr - in horizontaler, leicht geneigter Position - mit PUR-Hartschaumstoff ausgefüllt. Die leicht geneigte Position ist die am weitesten verbreitete: Die Schrägstellung des Rohrs sorgt für eine gleichmäßigere Rohrdichteverteilung über die gesamte Rohrlänge. Trotzdem sind die Fließwege des expandierenden Schaumstoffes gegenüber anderen Verfahren relativ lang.

Der Fließweg kann durch eine Mittenanguß-Technik halbiert werden.

Vorteile der Gießtechnik:

- Einfacher Vorrichtungsbau.
- Keine Formenkosten, da das Mantelrohr als "verlorene Form" dient.
- Nur die Rohrenden müssen mit einfachen Scheiben verschlossen werden.
- Keine hohen Anforderungen an die Produktionsparameter - es sind nur einige einfache Handgriffe nötig.
- Wirtschaftliche Dämmung von jedem beliebigen Rohrdurchmesser, in allen Dämmdicken über 25 mm.
- Gängige Rohrlängen von 6 und 12 m, vereinzelt aber auch bis 16 m.

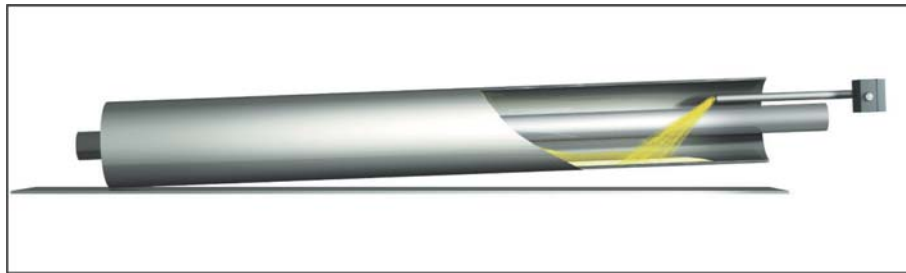


Bild 2: Wirtschaftliches Dämmen jedes beliebigen Rohrdurchmessers mit der Gießtechnik.

Nachteile der Gießtechnik:

- Aufgrund des langen Fließweges des expandierenden Schaumes lassen sich gewisse Unterschiede an Rohdichte und Druckfestigkeit über die Rohrlänge hinweg nicht vermeiden.
- Besonders bei großen Rohren braucht man relativ teure Schäummaschinen mit hoher Austragsleistung. Maßgeblich hierfür ist die Größe des Dämmvolumens, denn das gesamte Gemisch soll eingetragen werden, bevor es aufzuschäumen beginnt.
- Bedingt durch die große Schussmenge sind langsame Reaktionszeiten erforderlich; dadurch ist es nicht möglich, optimal feine Zellen zu erzeugen.

Fazit:

Die Gießtechnik arbeitet unproblematisch und wird darum zur Zeit am häufigsten eingesetzt. Wegen des langen Fließweges können allerdings keine optimal niedrigen Rohdichten erzielt werden, was mit höherem Materialeinsatz und höheren Kosten verbunden ist.



3.2 Mischkopf-Ziehtechnik

Wer die Störung durch eingezogene Papierstreifen von vornherein ausschließen will, kann auch die Mischkopf-Ziehtechnik wählen: Durch den zu dämmenden Hohlraum wird ein kleiner Mischkopf gezogen und das Reaktionsgemisch gleichmäßig über die ganze Länge des Rohres verteilt. Auch die Reaktivität, Austragsleistung und Ziehgeschwindigkeit müssen bei dieser Methode perfekt aufeinander abgestimmt sein. Das zuerst eingefüllte Reaktionsgemisch kann schon aufschäumen, während der restliche Ziehvorgang abläuft. Bei sehr hoher Reaktivität kann dadurch z.T. auf Abstandhalter ganz verzichtet werden.

Vorteile der Mischkopf-Ziehtechnik:

- Die Expansion des Schaumstoffes erfolgt nur in Umfangsrichtung - so erreicht man durch den kurzen Fließweg eine einheitliche Rohdichteverteilung.
- Auch lange Rohre sind ohne Qualitätseinbuße dämmbar.
- Im Gegensatz zur Papier-Einziehtechnik befindet sich kein störendes Element zwischen Schaumstoff und Mantelrohr.
- Hochaktive Schaumssysteme haben ein extrem feines Zellbild mit niedrigem Lambda.

Nachteile der Mischkopf-Ziehtechnik:

- Der axiale Vorschub des Mischkopfes oder des auszusäumenden Rohres erfordert einen aufwendigen Bewegungsmechanismus.
- Wie bei der Papier-Einziehtechnik, benötigt man auch hier einen erhöhten Aufwand, um die Produktionsparameter konstant zu halten.

Fazit:

Für Pipelinerohre hat sich die Mischkopf-Zieh-technik hervorragend bewährt, da sie niedrige, gleichmäßige Schaumstoff-Rohdichten ermöglicht.

Daher wird dieses Verfahren zunehmend auch für den Fernwärme-Bereich interessant.

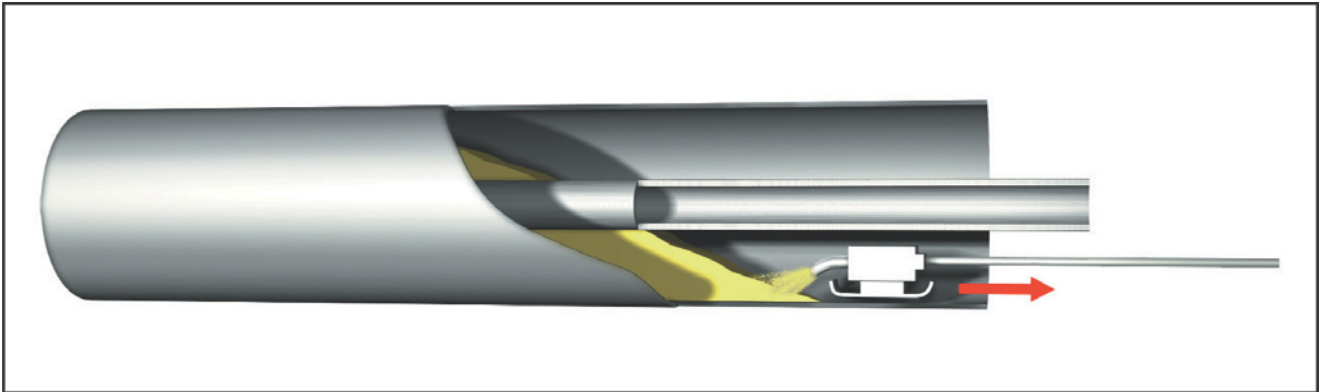


Bild 3: Die Mischkopf-Ziehtechnik: Geringe Fließwege, gute Ausschäumung.

3.3 Spritztechnik für jede Dämmdicke

Diese Technik gehört zu den preiswerten und effizienten Verfahren, mit denen auch besonders große und lange Rohre problemlos gedämmt werden können. Das flüssige PUR-Reaktionsgemisch lässt sich mit Hochdruckmaschinen ohne Zufuhr von Luft verspritzen. Durch spezielle Düsen wird das Reaktionsgemisch fein und gleichmäßig verteilt auf das zu dämmende Rohr aufgebracht. Dabei rotiert das Rohr, und entweder das Rohr oder der Mischkopf werden in Achsrichtung gleichmäßig voranbewegt. Wichtig ist, dass die Aktivität des Gemisches, die Austragsleistung der Maschine, die Drehzahl des Rohres und der Vorschub exakt aufeinander abgestimmt sind. Durch das fortlaufende Ankoppeln neuer Rohre wird ein kontinuierlicher Arbeitsprozess erreicht. Durch Extrusion eines PE-Mantels oder durch Spritzen einer Schutzschicht - vorzugsweise auf Basis von nicht-geschäumtem Polyurethan - kann ein äußerer Schutzmantel erzeugt werden.

Vorteile der Spritztechnik:

- Da der Schaumstoff nur in radialer Richtung auftreibt, entsteht durch den extrem kurzen Fließweg ein sehr homogener Schaumstoff.
- Auch große und lange Rohre können mit kleineren und daher preiswerteren Schäummaschinen wirksam gedämmt werden.
- Praktisch jede Dämmdicke kann mit der Spritztechnik hergestellt werden.

Nachteile der Spritztechnik:

- Obwohl die Düsenkonstruktion große Fortschritte gemacht hat, lassen sich Spritzverluste von 10 bis 15 Prozent nicht ganz vermeiden.
- Die Schaumstoffoberfläche wird nicht vollkommen glatt.
- Bei kontinuierlichen Verfahren entstehen lange Rüstzeiten durch Wechsel der Rohrdimensionen.

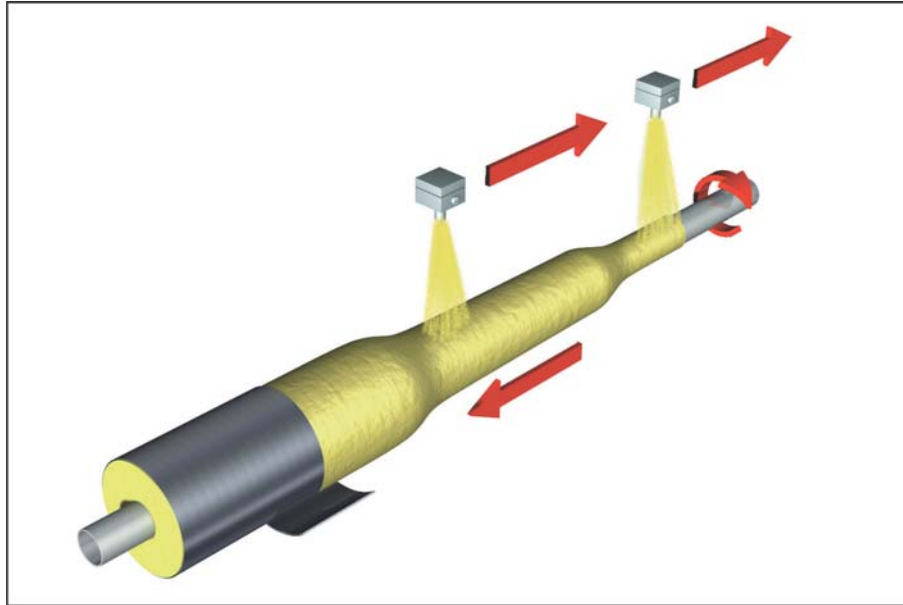


Bild 4: Gleichmäßige Verteilung des Reaktionsgemisches durch Spritztechnik.

Fazit:

Noch vor kurzem wurde die Spritztechnik nur im Pipeline-Bereich eingesetzt. Mittlerweile werden jedoch auch im kontinuierlichen Verfahren Fernwärmerohre von 250 bis 1.000 mm Durchmesser mit gutem Erfolg hergestellt. Verglichen mit der herkömmlichen Gießtechnik, lässt sich mit der Spritztechnik die Rohdichte reduzieren und so Material einsparen.

Bei der Ziehtechnik ist zwischen der Papier-Einziehtechnik und der Mischkopf-Ziehtechnik zu unterscheiden.



3.4 Papier-Einziehtechnik

Eine der ausgewogensten Arten, den PUR-Hartschaumstoff in den Dämmraum einzubringen, ist die Papier-Einziehtechnik. Dabei wird ein gleichmäßig mit dem Reaktionsgemisch beladener Papierstreifen in den Hohlraum des Rohres eingezogen - so entsteht eine ausgeglichene Vorverteilung des Gemisches in axialer Richtung. Das Einziehen muss beendet sein, sobald das Gemisch aufschäumt; dann werden die Rohrenden verschlossen.

Vorteile der Papier-Einziehtechnik:

- Das Reaktionsgemisch braucht nur geringe Fließwege zurückzulegen - dadurch sind gleichmäßige Schaumstoffeigenschaften über die gesamte Rohrlänge gewährleistet.
- Da der Papierstreifen wenig Platz einnimmt, können problemlos auch geringe Dämmdicken erzielt werden.
- Rohrlängen bis 30 m sind ohne weiteres herstellbar.

Nachteile der Papier-Einziehtechnik:

- Es ist ein erhöhter Aufwand nötig, um die Produktionsparameter - wie Temperatur, Austragsleistung der Maschine und Vorschub des Papierstreifens - konstant zu halten.

- Dort, wo der Papierstreifen verläuft, wird der Verbund des Schaumstoffes zum Mantelrohr unterbrochen. Um dies zu vermeiden, wird üblicherweise statt Papier ein teildurchlässiges Vlies verwendet.

Fazit:

Mit der Papier-Einziehtechnik können, dank der guten Vorverteilung des Reaktionsgemisches, auch extrem dünne, lange Rohre gedämmt werden. Diese Methode wird hauptsächlich für flexible Fernwärmerohre eingesetzt.

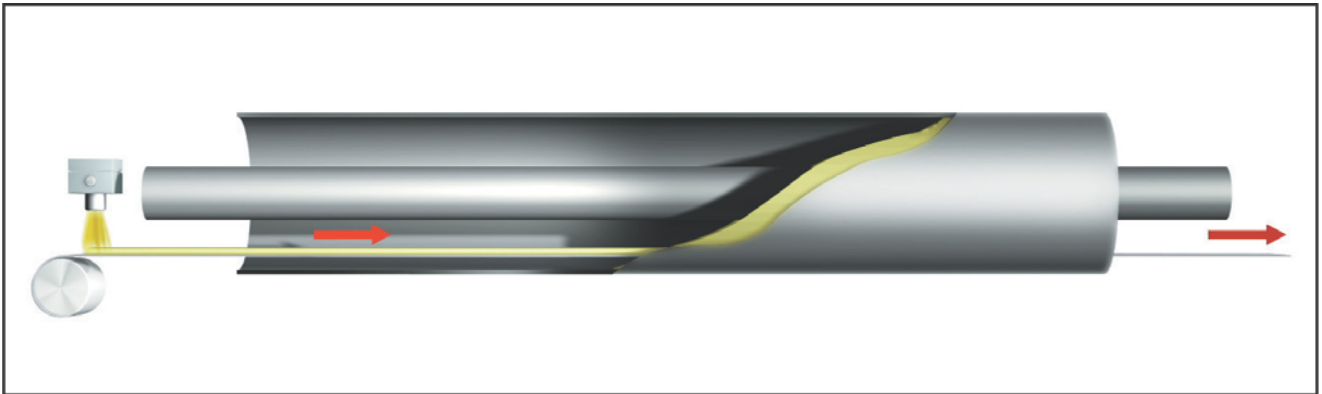


Bild 5: Die Papier-Einziehtechnik - Geringe Fließwege, gute Ausschäumung.

3.5 Kontinuierliche Rohrdämmung

Kontinuierliche Rohrdämmung nach dem Gießverfahren

Mit dem kontinuierlichem Fertigungsablauf nach der Gießtechnik können sowohl Verbundrohre als auch Vollrohrschalen hergestellt werden. Dabei läuft das Mediumrohr oder die innenliegende Folie über eine Führung, welche die mittige Position sichert, in die Fertigungsstraße. Ein vom Coil abgewickelter Streifen aus Blech und Kunststoff wird in einem Abstand, welcher der Dämmdicke entspricht, um das Innenrohr herumgeformt und bildet den äußeren Abschluss.

Kurz bevor man den äußeren Abschluss einzieht, wird das Reaktionsgemisch eingetragen, das in einer nachgeschalteten Temperierungszone aushärtet. In einer speziellen Variante wird mit einem gewellten Innen- und Mantelrohr gearbeitet, wodurch sich das Verbundrohr auf Trommeln aufwickeln lässt.

Vorteile des kontinuierlichen Gießverfahrens:

- Konstante Fertigung durch kontinuierlichen Schäubetrieb.
- Das Verfahren lässt sich weitgehend automatisieren.
- Hochaktive Schaumsysteme haben ein extrem feines Zellbild mit niedrigem Lambda.

Nachteile des kontinuierlichen Gießverfahrens:

- Wie bei der kontinuierlich arbeitenden Spritztechnik ist ein hoher Aufwand für Regelung erforderlich.
- Eine Änderung von Durchmesser und Dämmdicke ist mit langen Rüstzeiten verbunden.

Fazit:

Die Methode ist für kleine und mittlere Rohrdurchmesser durchaus geeignet. Sie wird für Rohre und Rohrschalen im Sanitär- und Heizungsbereich sowie für flexible Fernwärmerohre eingesetzt.

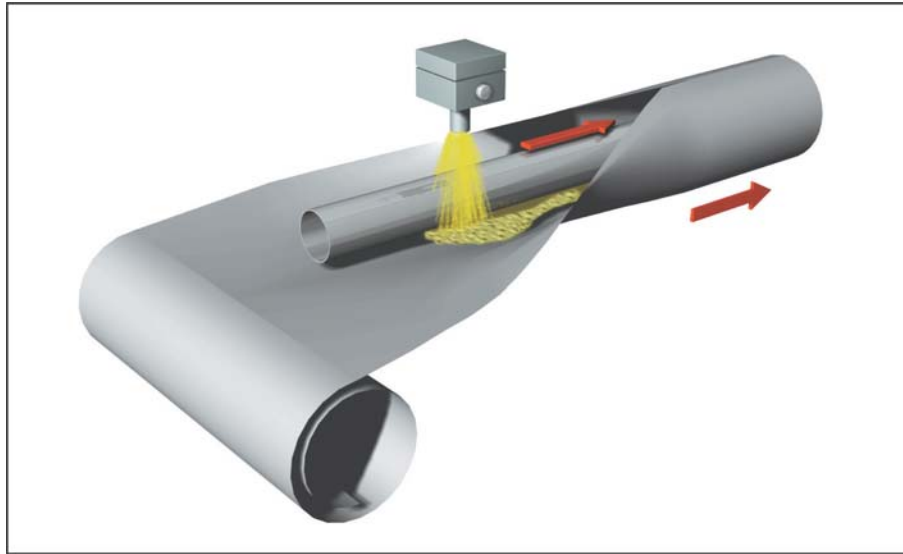


Bild 6: Konstante Fertigung durch kontinuierlichen Schäubetrieb.

3.6 PUR-Isolierung vor Ort

Wenn Rohre vor Ort mit PUR-Hartschaumstoff gedämmt werden sollen, bieten sich insbesondere drei Methoden an: Das Schottverfahren, die Überschichtungsmethode und die Isolierung mit vorgefertigten Halbschalen. Für alle drei Verfahren müssen die Rohrleitungen bereits fertig verlegt, also mit Bögen, Abzweigungen und Armaturen ausgestattet sein. Ebenso sind die Verfahren auf einen distanziert angeordneten Blechmantel angewiesen.

Das Schottverfahren

Hierbei dienen die sogenannten Schottringe aus PUR-Hartschaumstoff zugleich als Abstandhalter für die äußere Umblechung, so dass jeweils definierte Hohlräume entstehen. Das Gemisch wird nun durch eine im Blech angebrachte Bohrung eingetragen. Durch den abgeschotteten Hohlraum wird eine Druckverschäumung und damit eine gleichmäßige Rohdichte erreicht.

Die Überschichtungsmethode

Diese Methode wird oft bei Rohrleitungen mit kleinerem Durchmesser angewandt. Der Blechmantel wird mit Abstandhaltern, welche normalerweise aus Holzstegen bestehen, montiert. Danach trägt man den Schaumstoff lagenweise ein; zum Auftragen der jeweils nächsten Schicht muss eine Wartezeit von 10-15 Minuten eingehalten werden.

Halbschalen

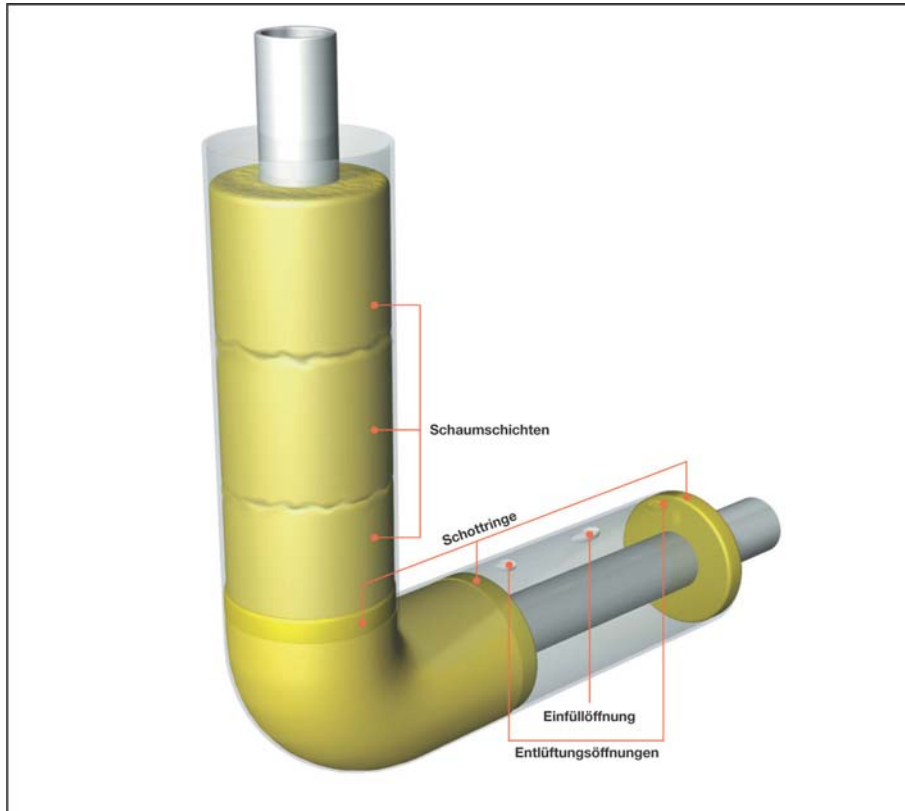
Zur Vor-Ort-Dämmung gehört auch das Verlegen von Halbschalen aus Polyurethan. Diese Halbschalen können aus PUR-Hartschaumblöcken oder durch Formverschäumung erzeugt werden.

Vorteile der Verschäumung vor Ort:

- Weil sich die Dämmung der Form des Leitungsstückes anpasst, können auch kompliziert geformte Bereiche wie Bögen und Abzweigungen ohne großen Aufwand sicher gedämmt werden.
- Diese Dämmtechnik ist vor allem für Kälteleitungen gut geeignet, da der angeschäumte Blechmantel die Funktion der Dampfsperre übernimmt.

Nachteile der Verschäumung vor Ort:

- Wegen der Baustellenarbeit besteht eine hohe Witterungsabhängigkeit.
- Beim Überschichtungsverfahren sind durch den frei auftreibenden Schaumstoff gewisse Rohdichteschwankungen nicht zu vermeiden. Durch die geringe Schichthöhe (kleiner als 80 cm) lässt sich dieser Nachteil jedoch minimieren.



Fazit:

Die Verschäumung vor Ort eignet sich besonders gut für Kälteleitungen und bietet verarbeitungstechnische Vorteile, da mit kleinen Schäummaschinen gearbeitet werden kann. Durch die hohe Witterungsabhängigkeit ist dieses Verfahren jedoch nur bedingt einsetzbar.

Die vorstehenden Informationen und unsere anwendungstechnische Beratung in Wort, Schrift und durch Versuche erfolgen nach bestem Wissen, gelten jedoch nur als unverbindliche Hinweise, auch in Bezug auf etwaige Schutzrechte Dritter. Die Beratung befreit Sie nicht von einer eigenen Prüfung unserer aktuellen Beratungshinweise – insbesondere unserer Sicherheitsdatenblätter und technischen Informationen – und unserer Produkte im Hinblick auf ihre Eignung für die beabsichtigten Verfahren und Zwecke. Anwendung, Verwendung und Verarbeitung unserer Produkte und der aufgrund unserer anwendungstechnischen Beratung von Ihnen hergestellten Produkte erfolgen außerhalb unserer Kontrollmöglichkeiten und liegen daher ausschließlich in Ihrem Verantwortungsbereich. Der Verkauf unserer Produkte erfolgt nach Maßgabe unserer jeweils aktuellen Allgemeinen Verkaufs- und Lieferbedingungen.

Die in dieser Information beschriebenen Verfahren zur Prüfung des Brandverhaltens von Polyurethan und die aufgeführten Ergebnisse lassen keinen unmittelbaren Rückschluss auf jedes in der praktischen Anwendung mögliche Brandrisiko zu.

Herausgeber: Business Development – Insulation
Bayer MaterialScience AG
D-51368 Leverkusen
www.bayermaterialscience.de