

Polyethylen in Biogasanlagen

Von Ulrich Seidelt¹

Biogasanlagen werden heute in Ermangelung einer verbindlichen Norm in unterschiedlichen Qualitätsstufen erstellt. Wie bei jeder langfristigen Investition stellt sich zwingend die Frage der Qualität, vom Fermenter über das BHKW bis zu den Ausrüstungskomponenten. Der folgende Beitrag soll für Planer, Biogasanlagenbauer und Betreiber eine Hilfestellung bei der Auswahl von Ausrüstungskomponenten aus Polyethylen geben.

1. Allgemein

Für die Auswahl der einzelnen Anlagenkomponenten sind folgende Überlegungen entscheidend:

- Lebensdauer,
- Mechanische Beständigkeit,
- Chemische Beständigkeit,
- Sichere Verbindungstechnik,
- UV-Beständigkeit,
- Korrosionssicherheit,
- Vermeidung von Inkrustationen,
- Geringe Rohrreibungswiderstände,
- Ökologischer Kreislauf.

Die Rohrleitungen müssen den sicheren Transport folgender Medien garantieren:

- Biofestmasse,
- Substrate,
- Biogas,
- Bioerdgas.

In Bezug auf Rohrleitungen, Formteile, Behälter und Fermenterauskleidungen erfüllt Polyethylen (PE) diese Anforderungen. Die Lebensdauer für Polyethylen ist in der DIN 8075 mit mindestens 100 Jahren angegeben. Zudem ist Polyethylen bis in den tiefen Minusgradbereich extrem schlagzäh und weist nach dem Darmstädter Verfahren ein minimales Abriebverhalten auf (Bild 1). Polyethylen ist unempfindlich gegen Druckstöße.

Die in einer Biogasanlage auftretenden chemischen Belastungen beeinträchtigen Polyethylen in seiner Gebrauchsfähigkeit nicht. Zudem ist Polyethylen absolut resistent gegen biogene Schwefelsäurekorrosion.

Rohrleitungen aus Polyethylen werden mittels Heizwendelschweißung oder Heizelementstumpfschweißung nach DVS 2207-1 geschweißt.

Polyethylen in schwarzer Ausführung ist durch die Beimischung von ca. 2,0 % Ruß dauerhaft UV-stabilisiert und somit für die oberirdische Freiverlegung zugelassen. Blaue oder orange-gelbe Polyethylenrohre sind für eine Freilagerung von zwei Jahren zugelassen und können

¹ Dipl.-Ing. Ulrich Seidelt, Frank GmbH, 64546 Mörfelden-Walldorf
Tel.: 06105 4085-171

somit ausschließlich erdverlegt werden. Die Beschilderung der Rohrleitungen hat nach DIN 2403 zu erfolgen.

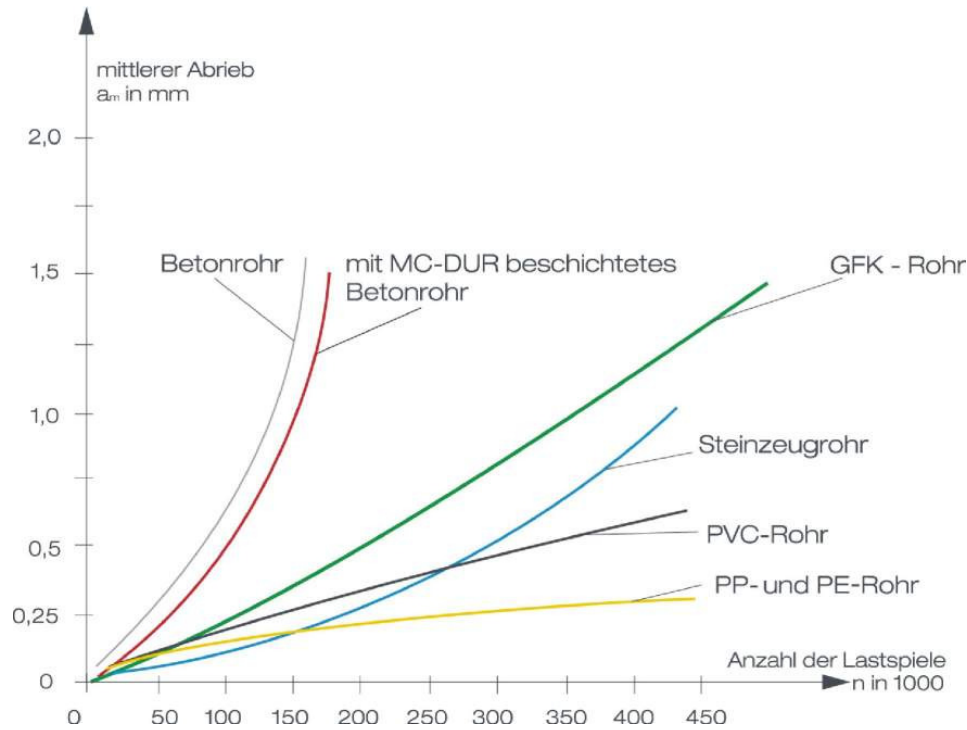


Bild 1: Abriebverhalten nach Darmstädter Verfahren

Polyethylen bietet durch seine wachsartige Oberfläche keinen Angriffspunkt für dauerhafte Anhaftungen und Inkrustationen. Der Rauigkeitsbeiwert von 0,007 gewährleistet eine optimale hydraulische Ausbeute des dauerhaft vorhandenen Rohrquerschnittes.

In Ermangelung der Zuständigkeit des DVGW für die interne Biogasanlagenverrohrung werden hierfür ausschließlich vom DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) zertifizierte Rohre und Formteile zugelassen. Somit ist ein Materialstandard gewährleistet.

Für Bioerdgasleitungen kommen ab einer zu definierenden Übergangsstelle (Absperrarmatur) ausschließlich DVGW-zugelassene Materialien zum Einsatz.

Auf Forderung der Zulassungsbehörde sind für sämtliche verwendeten Materialien Abnahmeprüfzeugnisse 3.1 nach DIN EN 10204 und die entsprechenden Schweißprotokolle zu erbringen. Bei DIBt- und DVGW-zugelassenen Rohren und Formteilen werden je Charge folgende Prüfungen vorgenommen:

- Zeitstandinnendruck (DIN 8075),
- Verhalten nach Warmbehandlung (DIN 8057),
- Schmelzindex (DIN EN ISO 1133),
- Homogenität (GKR 14.3.1),
- Maßhaltigkeit (DIN 8074),
- Lieferzustand,
- Oberflächenbeschaffenheit.

	Eigenschaft	Norm	Einheit	PE 100 MFR-Gruppe T 005
	Dichte bei 23°	DIN 53479 ISO 1183 ISO/R 1183	g/cm ³	0,96
Mechanische Eigenschaften	Streckspannung	DIN 53495	N/mm ²	25
	Reißfestigkeit	DIN 53495	N/mm ²	38
	Reißdehnung	DIN 53495	%	> 600
	E-Modul (Zugversuch)	ISO 527	N/mm ²	ca. 1200
Thermische Eigenschaften	Wärmeleitfähigkeit (bei 20°)	DIN 52612	W/mK	0,38
	Thermischer Längenausdehnungskoeffizient	DIN 53752	1/°C	1,8 x 10 ⁻¹⁴
	Brandverhalten	DIN 4102-1 ÖN B 3800 T1	—	B2

Tabelle 1: Materialeigenschaften Polyethylen

PE ist ein rein organischer Werkstoff und kann problemlos ökologisch korrekt recycelt oder der thermischen Verwertung zugeführt werden. Hierbei entsteht kein Dioxin, sondern ausschließlich Wasser und Kohlendioxid.

2. Biogasrohre aus Polyethylen

Folgende Rohrdimensionen kommen für Biogasanlagen zum Einsatz:

d [mm]	s [mm]	SDR (d/s)	kg/m	Innendurchmesser [mm]
32	3,0	11	0,28	26,00
40	3,7	11	0,43	32,60
50	4,6	11	0,66	40,80
63	5,8	11	1,05	51,40
90	5,4	17	1,46	79,20
110	6,6	17	2,17	96,80
160	9,5	17	4,52	141,00
180	10,7	17	5,71	158,60
225	13,4	17	8,93	198,20
280	16,6	17	13,70	246,80
315	18,7	17	17,40	277,60
355	21,1	17	22,10	312,80
400	23,7	17	28,00	352,60

Tabelle 2: Standarddimensionen Biogasrohr

Polyethylenrohre werden in Stangen (bis 20m) oder Ringbunden (bis 125mm) geliefert. Andere Abmessungen auf Anfrage!

Der Einsatz von Polyethylenrohren dünner SDR 17 (SDR = Außendurchmesser/ Wanddicke) wird wegen der Formteilverfügbarkeit und aus Sicherheitsaspekten nicht empfohlen.

Polyethylenrohre sind für den Feststoff-, Substrat-, Biogas- und Bioerdgastransport sowohl oberirdisch als auch erdverlegt geeignet. Für den Transport von Trinkwasser ist eine separate Trinkwasser DVGW-Zulassung vorzuweisen.

Für die Druckberechnung können folgende Sicherheitsfaktoren herangezogen werden. Für Gase $SF = 2,0$ (in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk) für alle anderen Medien, die keinen chemischen Angriff auf Polyethylen auslösen $SF = 1,25$.

Achtung, elektrisch leitfähiges Polyethylen wird aufgrund der verringerten Schlagzähigkeit mit höheren Sicherheitsfaktoren beaufschlagt und ist nicht DIBt-zugelassen.

Aufgrund der o. a. Sicherheitsfaktoren ergeben sich in Abhängigkeit der Temperatur folgende Dauerbetriebsdrücke für Rohre und Formteile aus Polyethylen (Tabelle 3):

	SF=1,25		SF=2,0	
	SDR 17	SDR11	SDR17	SDR 11
Dauertemperatur 20°C (50 Jahre)	4,1 bar	6,9 bar	3,3 bar	5,5 bar
Dauertemperatur 50°C (20 Jahre)	2,3 bar	3,9 bar	1,9 bar	3,1 bar

Tabelle 3: Betriebsdrücke in Abhängigkeit von der Dauertemperatur für Rohre aus Polyethylen

Die Festlegung des Sicherheitsbeiwertes unter Berücksichtigung des Gefährdungspotentials des zu transportierenden Mediums obliegt generell dem Planer. Für die Projektierung und Auslegung oberirdischer Rohrsysteme findet die DVS 2210-1 Anwendung.

3. Polyethylen VRC für die sandbettfreie Verlegung

Für den Transport von Bioerdgas durch eine erdverlegte Leitung können alternativ Polyethylenrohre mit integrierten Schutzeigenschaften verwendet werden. Diese Rohre weisen einen erhöhten Widerstand gegen Punktlasten auf und sind für die sandbettfreie Verlegung freigegeben. (VRC = very resistant to crack).

4. Doppelrohre aus Polyethylen

Auf besondere Anforderung der Genehmigungsbehörde kann es notwendig sein, Medien gesichert durch ein Doppelrohr zu führen. Der Vorteil hierbei ist die Überwachung des medienführenden Rohres auf Undichtigkeit. Die Kontrolle kann sowohl visuell als auch automatisch erfolgen.

Folgende Doppelrohrpaarungen kommen hauptsächlich zum Einsatz (Tabelle 4):

Außenrohr PE			Innenrohr PE		
d [mm]	s [mm]	SDR	d [mm]	s [mm]	SDR
160	4,9	33	90	5,1	17,6
200	6,2	33	110	6,3	17,6
280	8,6	33	160	9,1	17,6
315	9,7	33	200	11,4	17,6
355	10,9	33	250	14,2	17,6

Tabelle 4: Standarddimensionen Doppelrohr

Die konstruktive Auslegung von Doppelrohrsystemen erfolgt nach DVS 2210-2.

5. Formteile, lang und kurz – für Hezelementstumpfschweißung

Rohre und Formteile gleicher Dimension können durch die Hezelementstumpfschweißung miteinander verbunden werden. Standardmäßig kommen Formteile „lang“ zum Einsatz. Zur Ausbildung geringer Radien oder Bauhöhen kommen Formteile „kurz“ zur Anwendung. Die Eignung der vorhandenen Stumpfschweißmaschine für die Verwendung von kurzen Formteilen muss vorab geprüft werden (Einspannlänge). Bei der Hezelementstumpfschweißung ist zu beachten, dass verfahrensbedingt eine Innenwulst entsteht. Deshalb ist diese Schweißverbindung für den Gastransport einsetzbar.

6. Heizwendelformteile – für Heizwendelschweißung

Bei der Heizwendelschweißung ist immer ein separates Formteil notwendig, das geschützte integrierte Heizwendeldrähte aufweisen muss. Die geschützte Lage der Heizwendel ist zum Schutz vor Korrosion der Heizwendel in Biogasanlagen zwingend notwendig!

Heizwendelformteile erzeugen bei der Schweißung keine Innenwulst und können zur Verbindung von Rohren oder Formteilen gleicher Außendurchmesser und abweichender Wanddicken verwendet werden. Diese Art der Rohrverbindung ist deshalb für den Feststofftransport geeignet.

Bei der Verwendung von Adaptern von Polyethylen auf Edelstahl ist zu beachten, dass ausschließlich integrierte Übergangsstücke aus Edelstahl zur Anwendung kommen. Messing- oder Stahladapter sind wegen Korrosion oder Entzinkung nicht zulässig.

7. Rohre und Formteile aus Polyethylen elektrisch leitfähig (PE 80-el)

Aufgrund der elektrischen Leitfähigkeit wird PE 80-el für den Transport von leicht brennbaren Medien oder zum Transport von Gasen und Feststoffen eingesetzt, da aus PE 80-el hergestellte Rohrleitungssysteme geerdet werden können (s. a. BGR 132).

Für die Druckberechnung können folgende Sicherheitsfaktoren herangezogen werden: Für Gase SF = 2,0 (in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk) für alle anderen Medien, die keinen chemischen Angriff auf Polyethylen auslösen SF = 1,6 (Tabelle 5). Die Festlegung des Sicherheitsbeiwertes unter Berücksichtigung des Gefährdungspotentials des zu transportierenden Mediums obliegt generell dem Planer. Für die Projektierung und Auslegung oberirdischer Rohrsysteme findet die DVS 2210-1 Anwendung.

	SF = 1,6		SF = 2,0	
	SDR 17	SDR 11	SDR 17	SDR 11
Dauertemperatur 20°C	6,2 bar	10,0 bar	5,0 bar	8,0 bar
Dauertemperatur 50°C	3,5 bar	5,7 bar	2,8 bar	4,5 bar

Tabelle 5: Betriebsdrücke in Abhängigkeit von der Dauertemperatur für Rohre aus PE-el

8. Betonschutzplatte (BSP) für die Fermenterauskleidung

Bei der Vergärung im Fermenter entstehen durch die Stoffwechselaktivitäten von Mikroorganismen in der Fermenteratmosphäre flüchtige Schwefelverbindungen und nach deren Oxidation Schwefel, welcher von so genannten Thiobazillen in Schwefelsäure umgewandelt wird. Der dadurch stattfindende starke Säureangriff auf den Beton wird als biogene Schwefelsäurekorrosion (BSK) bezeichnet.

Herkömmliche Systeme zum Schutz von Betonbauwerken werden nachträglich als Beschichtung auf den fertigen Beton aufgetragen. Ein Halt auf den Betonflächen und dauerhafter Schutz gegen BSK ist dadurch häufig nicht gegeben. Als dauerhafte Lösung kommt die Betonschutzplatte (BSP) zur Anwendung.

Durch die werksseitig angeformten Ankernoppen der Betonschutzplatten werden die BSP formschlüssig schon während des Betoniervorganges mit dem Beton verbunden. Durch die einzigartige und patentierte Formgebung der Ankernoppen und deren versetzte Anordnung ergibt sich eine perfekte mechanische Verbindung der Polyethylenabdichtung zum Beton. Die Stoßfugen und Abschlussprofile werden mittels Handextruder dauerhaft versiegelt. BSP können auch elektrisch leitfähig (PE-el) hergestellt werden. Als Mindestplattendicke werden 3 mm vorgegeben, extrem gefährdete oder belastete Bereiche werden mit dickeren Betonschutzplatten bis 12 mm ausgekleidet.

9. Behälter und Schächte aus Wickelrohr

Neben Behältern und Schächten, die aus extrudiertem Vollwand-Polyethylenrohr hergestellt und dann komplettiert werden, können Behälter und Schächte für größere Durchmesser aus Wickelrohren hergestellt werden. Als Materialien können alternativ Polyethylen elektrisch leitfähig (PE 80-el) oder Wickelrohre mit heller Innenfläche Verwendung finden. Nach erfolgter statischer Auslegung erfolgt die Komplettierung durch eingebaute Verrohrungen, Steigleitern und Deckel in unserer Werkstatt.

10. Wanddurchführungen

Als Wanddurchführungen zum Einbau während der Betonierphase kommen die FRANK-Schachtanschlussmuffe (SAM) mit integrierten Heizwendeln oder FRANK-Mauerkragen (MK) zur Anwendung. Für nachträgliche Einbindungen kommen Kompakt-Ringraumdichtungen zum Einsatz.

11. Dichtungsbahnen aus Polyethylen

Dichtungsbahnen aus Polyethylen dienen der unteren Abdichtung von Bauwerken und können in Kombination mit Schutzvlies PP-T-800 eingebaut werden. Auf Anforderung ist es möglich, Dichtungsbahnen miteinander zu schweißen.

12. Schutzvlies PP-T-800

Schutzvlies PP-T-800 dient der Lastverteilung von Bauwerken und der Erdbewehrung und kann in Kombination mit Dichtungsbahnen eingebaut werden.

13. Stumpfschweißmaschine

Die Stumpfschweißmaschine dient der Verbindung von Rohren und Formteilen aus Polyethylen gleicher Dimension hauptsächlich von 40 mm bis 315 mm. Die Schweißung erfolgt nach DVS 2207-1.

Die Geräte werden von der klassischen Handmaschine bis zur vollautomatischen CNC-Maschine mit Schweißprotokollierung angeboten.

14. Heizwendelschweißgerät

Heizwendelschweißgeräte sind für die Schweißung von Heizwendelformteilen nach DVS 2207-1 geeignet. Eine Einschränkung im Durchmesserbereich gibt es nicht. Die zum jeweiligen Heizwendelformteil gehörigen Schweißparameter werden mittels Lesestift direkt vom Formteil eingelesen. Eine unfreiwillige Manipulation der Schweißdaten ist ausgeschlossen. Als Option können alle Schweißprotokolle auf einen USB-Stick transferiert und im pdf-Format an den Auftraggeber übergeben werden.

15. Fazit

Der Einsatz von abgesichert hochwertigen Materialqualitäten (DIBt Zulassung) der Ausrüstungskomponenten aus Polyethylen und deren fachkundige Installation sind der Garant für den gewünschten langjährigen, störungs- und unfallfreien Betrieb einer Biogasanlage.

03.04.2008