

**K Anforderungen an PEHD-Formmassen im  
Hinblick auf das Trag- und Langzeitverhalten  
von Rohren und Bauteilen in Deponien**

Peter Riegl, A-Bad Hall

# Anforderungen an PEHD-Formmassen im Hinblick auf das Trag- und Langzeitverhalten von Rohren und Bauteilen in Deponien

## 1 Einleitung

Rohrsysteme und Bauteile wie Schächte, Durchdringungsbauwerke, etc. haben sich im Bereich des Deponiebaus in den letzten Jahren etabliert. Sie bieten dem Anwender neben einfacher Verlegung vor allem den bei Kunststoffen einzigartigen Vorteil der Flexibilität, insbesondere hinsichtlich der kontrollierten Verformung unter Last.

Rohrsysteme und Bauteile finden für folgende Aufgaben im Deponiebereich Anwendung:

- Sammlung und Transport von Sickerwasser
- Sammlung und Transport von Deponiegas
- Kondensattransportleitungen

Polyethylen-Werkstoffe haben im Rohrleitungsbau eine noch viel längere Tradition als bei Kunststoffdichtungsbahnen. Durch den mehr als 60-jährigen Einsatz von Polyethylen in Rohrleitungssystemen liegen daher - für Kunststoffe außergewöhnlich hohe - Langzeiterfahrungen vor.

Durch die Etablierung neuartiger Polyethylen-Werkstoffe besteht nun die Möglichkeit einer Klassifizierung nach dem tatsächlichen Leistungsvermögen und damit die Grundlage für die Etablierung von Mindeststandards - nicht nur bei Druckrohrleitungen sondern auch im Bereich der Abwasserentsorgung und weiterer industrieller Anwendungen.

## 2 PE-Werkstoffklassifizierungen

Polyethylen wird seit den 30er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts im industriellen Maßstab hergestellt. Die ersten Rohre wurden bei BASF in Ludwigshafen produziert und von Beginn an Zeitstand-Innendruckversuchen unterworfen, die Aufschluss über das Langzeitverhalten und die tatsächliche Lebensdauer geben sollten.

Die ursprüngliche Klassifizierung von Polyethylen erfolgte nach dem Herstellungsverfahren, nämlich:

- NDPE (**Niederdruck**polyethylen)
- HDPE (**Hochdruck**polyethylen)

Sehr bald konnte man feststellen, dass diese Klassifizierung nur unzureichend war, da sie keinen unmittelbaren Aufschluss über das Leistungsvermögen oder die charakteristischen Eigenschaften der Polyethylen-Formmassen gab. Zudem wurden sukzessive die meisten Reaktoren auf das damals neuartige Niederdruckverfahren umgestellt, sodass diese Klassifikation abgelöst wurde - und zwar durch die Einteilung nach der Dichte von Polyethylen:

- LDPE (oder PE-LD) = **L**ow **D**ensity Polyethylene
- MDPE (oder PE-MD) = **M**edium **D**ensity Polyethylene
- HDPE (oder PE-HD) = **H**igh **D**ensity Polyethylene

Mit dieser Klassifizierung konnte zumindest eine orientierende Beurteilung der Formmassen getroffen werden, da die meisten Festigkeitseigenschaften von Polyethylen in direkter Korrelation mit der Dichte stehen. In weiten Teilen der Kunststoffverarbeitung ist diese Klassifizierung auch heute noch gültig, z. B. in der Verpackungsindustrie bei Blasformmassen und Ähnlichem.

Im Rohrleitungsbereich zeigte sich aber sehr bald, dass auch diese Klassifizierung nur sehr unzureichend ist. Durch neuartige Verfahren - insbesondere durch die Herstellung von bimodalen Formmassen - konnte die reine Klassifizierung über die Dichte eine nur unzureichende Aussage über das tatsächliche Leistungsvermögen von Polyethylen-Formmassen im Hinblick auf deren Druckbeständigkeit geben.

Unterstützt von deutlichen Umbruchbestrebungen im Bereich der Polyethylen-Rohrformmassen wurde mit den internationalen Normen

- ISO 9080 „Kunststoff-Rohrleitungs- und Schutzrohrsysteme - Bestimmung des Zeitstand-Innendruckverhaltens von thermoplastischen Rohrwerkstoffen durch Extrapolation“ und

- ISO 12162 „Thermoplastische Werkstoffe für Rohre und Formstücke bei Anwendungen unter Druck - Klassifizierung und Werkstoffkennzeichnung – Gesamtbetriebs-(berechnungs-)Koeffizient“

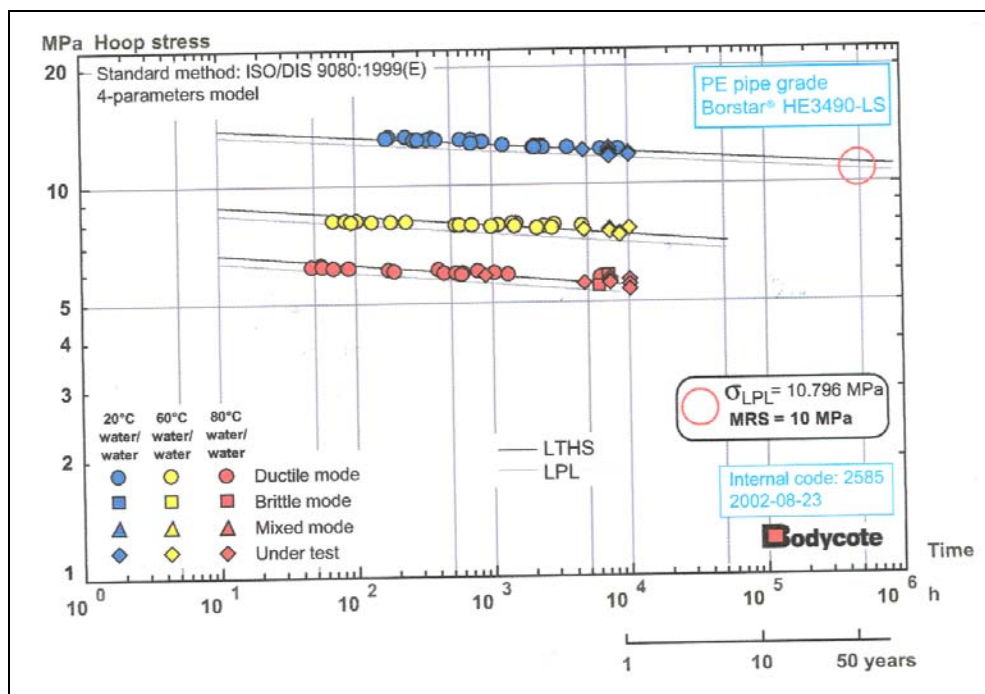
ein Regelwerk geschaffen, das die Polyethylen-Formmassen nach deren Langzeitdruckbeständigkeit bzw. der zulässigen Ringzugspannung bezogen auf eine Lebensdauer von 50 bzw. 100 Jahren klassifiziert.

Dabei gilt:

- PE 63 = MRS 6,3 = zulässige Ringzugspannung 6,3 MPa
- PE 80 = MRS 8 = zulässige Ringzugspannung 8,0 MPa
- PE 100 = MRS 10 = zulässige Ringzugspannung 10,0 MPa

jeweils bezogen auf eine Temperatur von 20 °C

Die Ermittlung des für diese Klassifizierung entscheidenden MRS-Wertes erfolgt durch Zeitstand-Innendruckversuche bei verschiedenen Temperaturen und Laufzeiten bis über 10.000 Stunden.



Zeitstandkurve zu MRS-Klassifizierung nach ISO 9080

(Quelle: Borealis AG/Bodycote Polymer)

Abgemindert um den Werkstoffsicherheitsfaktor 1,25 und mit Bezug auf die nächst niedrigere Reynard'sche Zahl ergibt sich der MRS-Wert.

Dieses Verfahren ist grundsätzlich für alle im Rohrleitungsbereich eingesetzten Polyethylen-Formmassen anwendbar und wird auch bei anderen Polyolefin-Formmassen, die im Rohrleitungsbau eingesetzt werden, mit Erfolg praktiziert. Allerdings korrelieren andere Kennwerte, wie z. B. die Ringsteifigkeit, nicht in jenem Verhältnis (z. B. PE 80 zu PE 100 = 1 : 1,25) wie dies in der Zeitstand-Innendruckberechnung der Fall ist.

Aus diesen Ausführungen wird sehr schnell klar, dass die Werkstoffklassifizierung „PEHD“ für Rohrleitungssysteme jeglicher Art heute nicht mehr Stand der Technik ist und daher die Klassifizierung nach der zulässigen Ringzugspannung (z. B. PE 80, PE 100) die weitaus sinnvollere und richtigere ist. Diesem Umstand wird durch neuerliche Veröffentlichungen [1] [2] Rechnung getragen, sodass auch von Behördenseite die qualitative Spezifizierung von Polyethylen-Formmassen für Rohrleitungen im Deponiebereich verbindlich erfolgt.

### **3 Anwendungsspezifische Anforderungen an PEHD-Formmassen**

Manchmal scheint es so, als wären Abwasserrohrleitungen im Allgemeinen und Depo- nierrohrleitungen im Besonderen ein „Nebenprodukt“ des Rohrleitungsbaus. Während bei den klassischen Anwendungsfällen Wasser- und Gastransport zum Teil extrem hohe Forderungen hinsichtlich der Nachweisführung und der innerbetrieblichen Prüfung sowie der Baustel- lenüberprüfung gestellt werden, werden im Abwasser- und Entsorgungsbereich sehr oft nur unzureichende Qualitätskriterien aufgestellt.

Neben der

- DIN 8074/8075 „Rohre aus Polyethylen (PE) - PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD“

als Grundnormen für PE-Rohre wurde jedoch mit der neuen internationalen Normenserie

- EN 13244 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erd- und oberirdisch verlegte Druckrohrleitungen für Brauchwasser, Entwässerung und Abwasser - Polyethylen (PE)“

ein Regelwerk geschaffen, das gerade im Bereich der Entsorgung und industriellen Anwendung ein Standardwerk werden sollte. Dabei wurden bewusst gegenüber der

- EN 12201 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung - Polyethylen (PE)“,

die für die Trinkwasserversorgung gestaltet wurde, nur sehr geringe und anwendungsspezifische Korrekturen (z. B. Nachweis der Trinkwassertauglichkeit) vorgenommen. Der Wille der „Normungsmacher“ ist damit klar ersichtlich - nämlich ein Regelwerk zu schaffen, das auch für den Abwasser- und Entsorgungsbereich Anforderungen an Polyethylen-Formmassen und Systembestandteile stellt, die auf jenem Niveau liegen, die bereits bei Trinkwasserrohren und Gasversorgungssystemen Stand der Technik sind. Damit ist auch sichergestellt, dass im Sinne einer ganzheitlichen werkstoffidentischen Abdichtungsmaßnahme auch die Abwasserrohre den gleichen Lebensdauererwartungen genügen, wie dies beispielsweise von der Kunststoffdichtungsbahn in der Basis- und Oberflächenabdichtung angenommen wird.

Neben der klassischen Zeitstand-Innendruckfestigkeit kommen aber auf derartige Rohrsysteme und Bauteile in der Deponie noch andere Beanspruchungen zu wirken, die ebenfalls mehr oder weniger starken Einfluss auf die Langzeitbeständigkeit und damit Lebensdauer der Bauteile haben:

### 3.1 Widerstand gegen Rissfortpflanzung

Diese - im Wesentlichen von der Formmasse vorgegebene - Eigenschaft von Rohren tritt in unterschiedlicher Ausprägung auf:

#### a) Widerstand gegen schnelle Rissfortpflanzung (**R**apid **C**rack **P**ropagation = RCP)

Hier handelt es sich um ein Phänomen, das an unimodalen Werkstofftypen in den späten 70er-Jahren mehrmals im Praxiseinsatz festgestellt wurde. Dabei reißen durch eine äußerliche Kerb- und Schlagbeanspruchung initiierte Brüche über einen sehr langen Bereich der Rohrleitung - unterstützt durch den Innendruck - praktisch explosionsartig weiter. Es gibt Berichte, wo diese Risse bei Gasrohren über mehrere Kilometer schlagartig entstanden sind. Neuartige bimodale Werkstoffe in den Klassen PE 80 und PE 100 zeigen ein extrem verbessertes Eigenschaftsbild, sodass derartige Risse oder Brüche bereits nach einigen Zentimetern arretiert werden.

Dazu wurden auch Prüfmethode entwickelt, die in der

- ISO 13477 „Rohre aus Thermoplasten für den Transport von Flüssigkeiten - Bestimmung des Widerstandes gegenüber schneller Rissfortpflanzung (RCP) - Laborprüfung (S4 test)“ bzw.
- ISO 13478 „Rohre aus Thermoplasten für den Transport von Fluiden - Bestimmung des Widerstandes gegenüber schneller Rissfortpflanzung - Praxistest (Full Scale Test)“

festgelegt sind und im Rahmen einer Werkstoffzulassung geprüft bzw. nachgewiesen werden.



*RCP-Prüfstand nach ISO 13477*

*(Quelle: Versuchsanstalt für Kunststoff- und Umwelttechnik am TGM Wien)*

b) Widerstand gegen langsames Risswachstum (**S**low **C**rack **G**rowth = SCG)

Diese im Wesentlichen ebenfalls durch den Werkstoff vorgegebene Eigenschaft stellt eine Ermüdungseigenschaft von Polyethylen-Werkstoffen dar. Hier wird über eine bewusst eingebrachte Kerbe in einen rohrförmigen Probekörper und Beaufschlagung mittels Innendruck ein intermolekulares Weiterreißen initiiert. Moderne bimodale Werkstoffe der Klassen PE 80 und PE 100 erfüllen dabei die in der

- ISO 13479 „Rohre aus Polyolefinen für den Transport von Fluiden - Bestimmung des Widerstandes gegen Rissfortpflanzung - Prüfverfahren für langsames Risswachstum an gekerbten Rohren (Kerbprüfung)“

vorgegebenen Kriterien, wobei de facto keine Abminderung im Zeitstand-Innendruckversuch bei 80°C/165 Std. gegenüber dem ungekerbten Rohr zulässig ist.

### c) **Full Notch Creep Test (= FNCT)**

Bei diesem Versuch, der ebenfalls den Widerstand gegen langsames Risswachstum beschreibt, handelt es sich um einen vereinfachten, an kleinen Werkstoffproben durchführbaren Versuch, der in der Zwischenzeit in

- DVS 2203-4, Beiblatt 2 „Prüfen von Schweißverbindungen an Tafeln und Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen - Zeitstandzugversuch - Prüfen des Widerstandes gegen langsames Risswachstum im Full Notch Creep Test (FNCT)“ sowie
- EN 12814-3 „Prüfen von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen - Teil 3: Zeitstand-Zugversuch“

standardisiert ist. Hier wird ebenfalls eine grundlegende Werkstoffeigenschaft überprüft, so dass heute üblicherweise Formmassen zum Einsatz kommen, die eine Mindeststandzeit im FNCT von  $\geq 300$  Std. aufweisen sollten.

## **3.2 Thermisch-oxidativer Abbau**

Die Stabilisierung von Polyethylen-Formmassen gegenüber UV-Beanspruchung ist bei einem Rußgehalt von  $\geq 2$  % als nachgewiesen anzusehen. Darüber hinaus gibt es aber thermische bzw. thermisch-oxidative Prozesse - insbesondere dann, wenn wie z. B. an der Deponiebasis höhere Temperaturen auftreten.

Um die Widerstandsfähigkeit von Polyethylen-Formmassen bzw. Fertigprodukten beurteilen zu können, bedient man sich der Messung des OIT-Wertes, einem Maß für die Oxidationsbeständigkeit von Polyethylen.





*OIT-Messgerät DSC 820  
(Quelle: AGRU)*

Dieses Verfahren ist in der

- EN 728 „Kunststoff-Rohrleitungs- und Schutzrohrsysteme - Rohre und Formstücke aus Polyolefinen - Bestimmung der Oxidations-Induktionszeit“

spezifiziert und im Bereich der Herstellung von Rohren, Formteilen und Bauteilen heute üblich. Während die einschlägigen Produktnormen (z. B. EN 13244) eine minimale Oxidations-Induktionszeit von 20 min. bei 200 °C fordern, werden im Bereich der industriellen Fertigung von Rohren, Formteilen und sonstigen Bauteilen Prüfungen bei erhöhter Temperatur (210 °C) durchgeführt, wobei üblicherweise ebenfalls Oxidations-Induktionszeiten von > 20 min. ermittelt werden. Ein Vergleich des OIT-Wertes des fertigen Produktes mit jenen des Ausgangsrohstoffes zeigt außerdem die Qualität der Verarbeitung, insbesondere im Hinblick auf eine allfällige thermische Überbeanspruchung während der Produktion.

#### **4 Fazit**

Im Zuge der Standardisierung von Bauelementen in der Deponie (Kunststoffdichtungsbahnen, Bentonitmatten, Geogitter, etc.) wurden in den vergangenen Jahren umfassende Regelwerke geschaffen, die die Anforderungen, Prüfungen und Nachweise hinsichtlich der Langzeitbeständigkeit sehr ausführlich beschreiben.

Im Bereich der Polyethylen-Entsorgungsleitungen und -Bauteile wie Schächte, etc. wurde aufgrund der langzeitigen Erfahrungen mit Polyethylen-Rohrwerkstoffen angenommen, dass diese Produkte für den vorgesehenen Anwendungszweck ohne weiteres geeignet sind. Dies ist grundsätzlich richtig. Dennoch bedarf es einer näheren Spezifizierung der Werkstoffeigenschaften der Polyethylen-Formmassen.

In diesem Sinne ist es notwendig und sinnvoll, die bestehenden Regelwerke im Rohrleitungsbereich in geeigneter Weise auch für die Eignungsprüfung von Polyethylen-Rohrleitungen und -Bauteilen in der Deponie zu übernehmen.

Dazu eignen sich im Wesentlichen die

- „Zulassungsgrundsätze für Formmassen aus Polyethylen“ des DIBt Berlin [3] sowie die
- EN 13244 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erd- und oberirdisch verlegte Druckrohrleitungen für Brauchwasser, Entwässerung und Abwasser - Polyethylen (PE)“,

die die Anforderungen an die Formmassen, aus denen die oben genannten Bauteile hergestellt werden, sehr exakt beschreiben. Die heute gültigen Klassifizierungssysteme nach der Langzeit-Innendruckfestigkeit (PE 80, PE 100) eignen sich auch in diesem Anwendungsbereich, auch wenn es sich nicht um Druckrohrleitungen im eigentlichen Sinne handelt. Die Implementierung derartiger Regelwerke in behördliche Vorschriften und Ausschreibungstexte scheint im Sinne einer Sicherstellung einer langzeitigen Gebrauchstauglichkeit für angebracht und wird in fortschrittlichen Behörden bereits praktiziert. [2]

Nur eine strikte Spezifizierung der Qualität von Polyethylen-Rohrleitungssystemen und -Bauteilen in der Deponie sichert den Anspruch auf Langzeitbeständigkeit des Gesamtbauwerkes ab.

## Quellenverzeichnis

- [1] „Besondere Anforderungen an Polyethylen-Formmassen für Rohre und Bauteile in Deponien“, Vortrag von Dipl.-Ing. Philipp Frank bei 21. Fachtagung „Die sichere Deponie“, Würzburg 2005
- [2] „Entwässerungsleitungen in Deponien“, W. Bräcker, in AbfallwirtschaftsFakten 12, Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, November 2005
- [3] „Zulassungsgrundsätze für Formmassen aus Polyethylen“ des DIBt Berlin