

# Integrität von PE-Gas/-Wasserleitungen der ersten Generation

Ein vom DVGW initiiertes Forschungsvorhaben hat sich mit den im Zeitraum von 1960 bis 1976/77 als Hausanschluss- und Versorgungsleitungen verlegten Gas- und Wasserrohren aus Polyethylen der ersten Generation befasst. Im Mittelpunkt stand dabei die Fragestellung, inwiefern die zum damaligen Zeitpunkt vorhergesagte Nutzungsdauer von 50 Jahren bestätigt werden kann und ob die Leitungen gegebenenfalls auch länger betrieben werden können.

Im Zeitraum von 1960 bis 1976/77 wurden ca. 10.000 Kilometer Gas- und 20.000 Kilometer Wasserleitungen aus Polyethylen der ersten Generation als Hausanschluss- und Versorgungsleitungen von den Versorgungsunternehmen in Deutschland verlegt. Dieser Leitungsbestand nähert sich einer Betriebsdauer von 50 Jahren und damit der ursprünglich angesetzten Nutzungsdauer, auf welche er zum Zeitpunkt seiner Verlegung ausgelegt wurde. Es stellt sich damit die Frage, inwiefern die damalige Vorhersage bestätigt werden kann und ob die Leitungen gegebenenfalls auch länger betrieben werden können. Diese Frage ist von großer ökonomischer Bedeutung, da für einen Ersatz des genannten Leitungsbestandes ein Re-Investitionsvolumen von bis zu 4,5 Milliarden Euro anzusetzen wäre.

Vor diesem Hintergrund hat der DVGW das Forschungsprojekt „Integrität von PE-Gas/-Wasserleitungen der ersten Generation“ initiiert. Das Forschungsprojekt wurde von der Kiwa Gas Technology (KIWA), dem Süddeutschen Kunststoff-Zentrum (SKZ) und der Staatlichen Materialprüfungsanstalt Darmstadt (MPA Darmstadt) durchgeführt. Die Begleitung erfolgte durch einen DVGW-Projektkreis, in welchem insbesondere auch betroffene Gas- und Wasserversorgungsunternehmen in Deutschland und den Niederlanden sowie PE-Hersteller vertreten waren.

## Untersuchungsgegenstand

Zur Durchführung des Forschungsprojektes wurden von zweien der beteiligten Versorgungsunternehmen Rohre für die Gas- und Wasserverteilung aus Polyethylen aus in Betrieb befindlichen Hausanschlüssen entnommen.

Bei den untersuchten Gasrohren der Verlegejahre 1975/76, entsprechend einer bis-

herigen Nutzungsdauer von ca. 30 Jahren, eingesetzt bei einem Gasdruck von 0,08 bzw. 0,8 bar, handelt es sich um zwei verschiedene Populationen. Während die Rohre der ersten Population mit einem Außendurchmesser von 32 Millimeter und einem SDR von 11 aus dem Werkstoff Hostalen GM 5010 des Herstellers Hoechst hergestellt wurden, sind die Rohre der zweiten Population mit einem Außendurchmesser von 32 bzw. 40 Millimeter und einem SDR von 11 aus dem Werkstoff Vestolen A 5041 des Herstellers Hüls gefertigt. Dabei ist der weitaus größere Teil der Rohre der Hostalen-Population zuzurechnen.

Bei den untersuchten Wasserrohren handelt es sich um Rohre der Einbaujahre 1967/68 mit einer bisherigen Nutzungsdauer von ca. 40 Jahren, eingesetzt bei ei-

nem Wasserdruck von 7 bar, mit einem Außendurchmesser von 40 Millimeter und einem SDR von 11 aus dem Werkstoff Hostalen GM 5010 des Herstellers Hoechst. Eine kleinere Population mit einem Außendurchmesser von ebenfalls 40 Millimeter, aber einem SDR von 6 aus einem LDPE-Werkstoff wurde aus Gründen mangelnder Vergleichbarkeit nicht weiter untersucht.

Die Untersuchungen der Schmelz-Massefließrate und der Dichte zeigen auch nach den über 30 bzw. 40 bisherigen Betriebsjahren den ursprünglichen Werten des Rohmaterials ähnliche Werte. Die Messungen zum langsamen Risswachstum im Rahmen des Cone-Tests haben für die Gasrohre der Hostalen- wie der Vestolen-Population sowie für die Hostalen-Population der Wasserrohre vergleichbare Werte

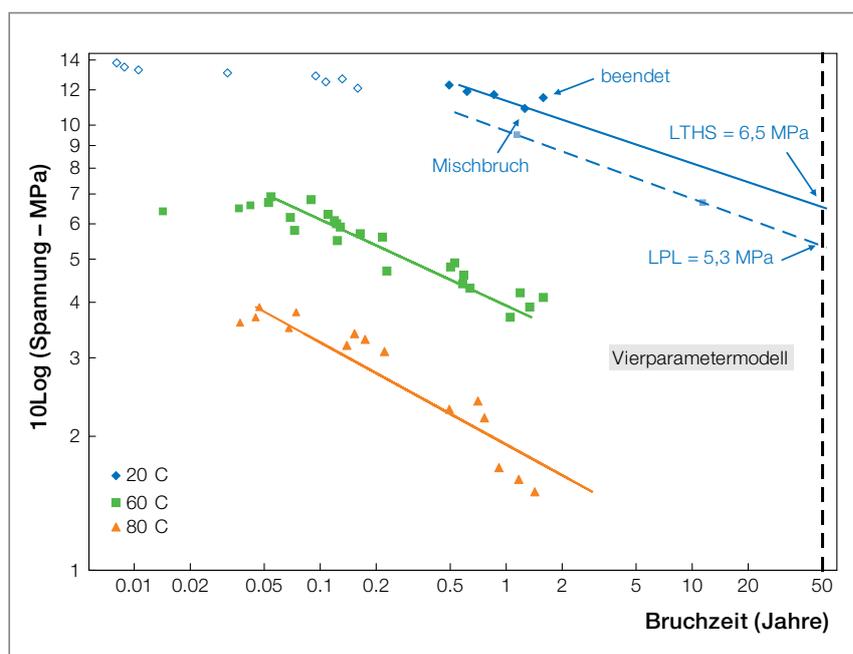


Abb. 1: Prüfpunkte, Mittelwertkurve (LTHS) und untere Vertrauensgrenze bei 97,5 Prozent (LPL) nach dem Vierparametermodell für die Gasrohre aus Hostalen

Quelle: Kiwa N.V., SKZ und MPA Darmstadt

ergeben. Erwartungsgemäß zeigen sich ein geringerer Widerstand und eine höhere Risswachstumsgeschwindigkeit im Vergleich zu heutigen Polyethylen-Werkstoffen. Zudem weisen die untersuchten Gas- und Wasserrohrabschnitte Eigenspannungen in einer mit neuen Rohren der gleichen Dimension aus heutigen Polyethylen-Werkstoffen vergleichbaren Größenordnung auf.

Im Rahmen eines Stabilisator-Screenings wurde festgestellt, dass die Gasrohre der Vestolen-Population einen im Vergleich zum teilweise niedrigen Niveau der Hostalen-Population höheren Restgehalt an einigen der untersuchten Stabilisatoren aufweisen. Demgegenüber konnten in den Wasserrohren der Hostalen-Population keine Konzentrationen der untersuchten Stabilisatoren oberhalb der Nachweisgrenze mehr gefunden werden. Dessen ungeachtet legen die im Hinblick auf die thermo-oxidative Stabilität durchgeführten Messungen der Oxidations-Induktions-Zeit (OIT) und die im Rahmen der Zeitstand-Innendruckversuche ermittelten Ergebnisse nahe, dass noch eine aktiv wirksame Stabilisierung vorhanden ist.

### Zeitstand-Innendruckfestigkeit

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde für die untersuchten Rohre eine Lebensdaueranalyse unter Anwendung der Standard-Extrapolationsmethode (SEM) in Anlehnung an die DIN EN ISO 9080 „Ermittlung der Zeitstand-Innendruckfestigkeit von thermoplastischen Werkstoffen durch statistische Extrapolation“ in Verbindung mit der DIN EN ISO 1167 „Bestimmung der Widerstandsfähigkeit von Rohren aus Thermoplasten gegen hydrostatischen Innendruck“ durchgeführt.

Für die untersuchten Rohre für die Gasverteilung (Außendurchmesser 32 mm, SDR 11, Werkstoff Hostalen GM 5010, Verlegejahr 1975/76, bisherige Nutzungsdauer ca. 30 Jahre) ergibt sich in Anlehnung an DIN EN ISO 9080 die Auswertung gemäß **Abbildung 1**. Dementsprechend weisen die Rohre eine weitere Lebensdauer von 50 Jahren bei einer Betriebstemperatur von 20 °C und einer Umfangsspannung von 5,3 MPa auf. Der ordnungsgemäße Einbau und Betrieb des Leitungsbestandes (Sandbettung, keine zusätzlichen Belastungen wie beispielsweise Punktlasten und Biegespannungen) werden hierbei vorausgesetzt.

Auf Grund der geringen Probenanzahl konnte für die Gasrohre der Vestolen-Population keine ausreichende Anzahl an Prüfpunkten ermittelt werden, sodass eine

Lebensdaueranalyse hier nicht möglich war. Dessen ungeachtet legen die ermittelten Prüfpunkte nicht die Annahme eines anderen Ergebnisses nahe.

Für die untersuchten Rohre für die Wasserverteilung (Außendurchmesser 40 mm, SDR 11, Werkstoff Hostalen GM 5010, Verlegejahr 1967/68, bisherige Nutzungsdauer ca. 40 Jahre) führt die Extrapolation in Anlehnung an DIN EN ISO 9080 zu dem Ergebnis in **Abbildung 2**. Die Rohre weisen folglich eine weitere Lebensdauer von 50 Jahren bei einer Betriebstemperatur von 20 °C und einer Umfangsspannung von 3,9 MPa auf. Auch in diesem Fall werden der ordnungsgemäße Einbau und Betrieb des Leitungsbestandes (Sandbet-

tung, keine zusätzlichen Belastungen wie beispielsweise Punktlasten und Biegespannungen) vorausgesetzt.

Sowohl für die untersuchten Gas- als auch Wasserrohre der Hostalen-Population zeigt sich ein dem ursprünglichen Werkstoff sehr nahe kommendes Zeitstandverhalten. Dabei wurde der dritte Ast, welcher den thermo-oxidativen Abbau kennzeichnet, auf Basis der vorliegenden Ergebnisse nicht nachgewiesen.

Die sich als untere Vertrauensgrenze bei 97,5 Prozent ergebende Umfangsspannung liegt bei den untersuchten Gasrohren mit 5,3 MPa etwas höher als bei den untersuchten Wasserrohren mit 3,9 MPa. Dieses

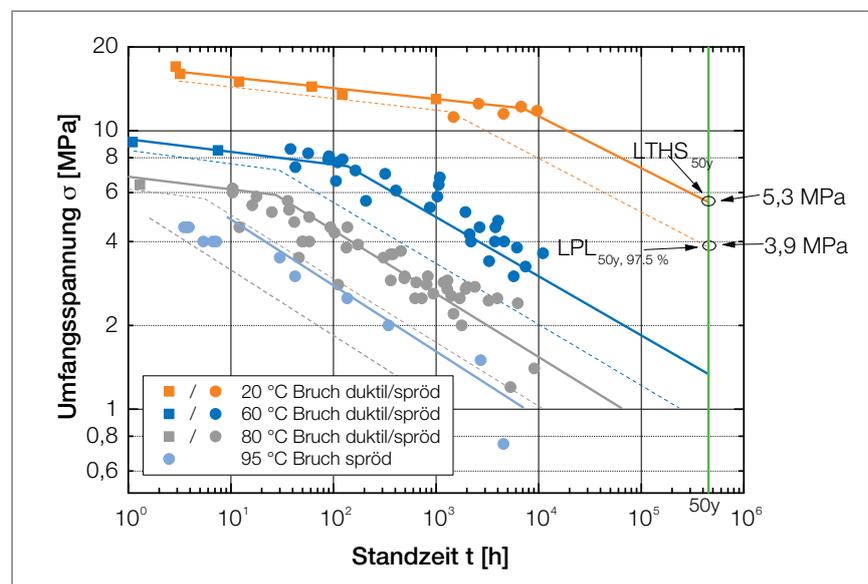


Abb. 2: Prüfpunkte, Mittelwertkurve (LTHS) und untere Vertrauensgrenze bei 97,5 Prozent (LPL) nach dem Dreiparametermodell für die Wasserrohre aus Hostalen

Quelle: Kiwa N. V., SKZ und MPA Darmstadt

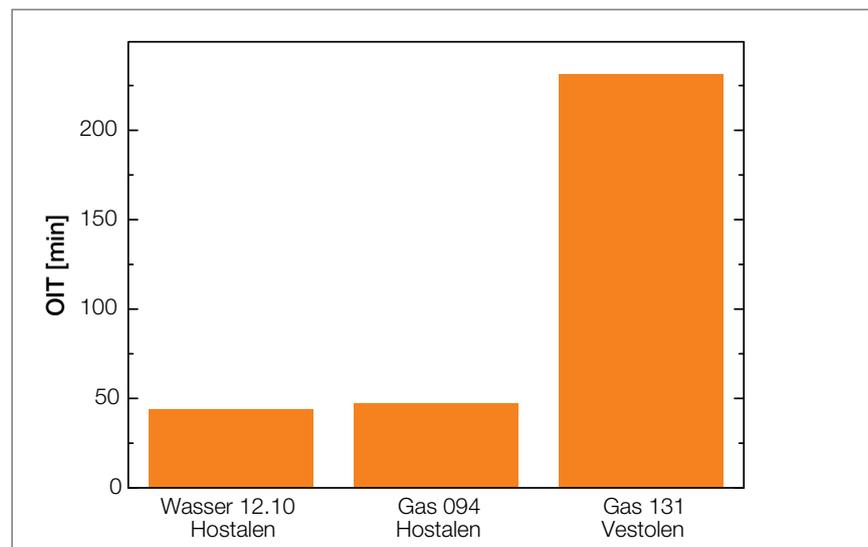


Abb. 3: In Rohrwandmitte bei einer Bestimmungstemperatur von  $T_{OIT} = 190 \text{ °C}$  ermittelte OIT-Werte für das Wasserrohr 12.10 (Hostalen) sowie die Gasrohre 094 (Hostalen) und 131 (Vestolen)

Quelle: Kiwa N. V., SKZ und MPA Darmstadt

Ergebnis ist vor dem Hintergrund der unterschiedlichen bisherigen Betriebsdauern und Betriebsdrücke bis zur Entnahme plausibel. Zudem darf erwartet werden, dass im Zeitraum zwischen der Herstellung der Gas- und der Wasserrohre der Polymerisations- und des Extrusionsprozess weiter optimiert wurden.

Legt man die aktuellen Sicherheitsbeiwerte in Höhe von 1,25 für Wasserrohre und 2 für Gasrohre zugrunde, entspricht dies für die Gasrohre mit einem SDR von 11 einem berechneten Maximaldruck von 5,3 bar. Unter diesem Gesichtspunkt können die Gasrohre unter den bisherigen Betriebsbedingungen mit einem maximal zulässigen Betriebsdruck von 1 bar für eine über die ursprünglich angesetzte Nutzungsdauer von 50 Jahren hinausgehende weitere Nutzungsdauer von 50 Jahren weiterbetrieben werden. Für die Wasserrohre mit einem SDR von 11 errechnet sich ein maximal zulässiger Betriebsdruck von 6,2 bar. Damit kann für die Wasserrohre bei einem maximal auftretenden Betriebsdruck von 7 bar von einer über die ursprünglich angesetzte Nutzungsdauer von 50 Jahren hinausgehenden weiteren Nutzungsdauer von 25 bis 30 Jahren ausgegangen werden.

### Thermo-oxidative Stabilität

Zur Abschätzung der thermo-oxidativen Stabilität wurden innerhalb des Forschungsprojektes umfangreiche Messungen der Oxidations-Induktions-Zeit (OIT) durchgeführt. Mittels solcher Messungen wird der Zeitpunkt bis zum vollständigen Verbrauch des bei der Messtemperatur effektiven Stabilisatorsystems ermittelt, was jedoch nicht gleichbedeutend mit dem Start des thermo-oxidativen Abbaus des Polyethylens ist. Dieser Abbauprozess läuft erst nach Verlust der gesamten Stabilisierung ab. Eine Lebensdauervorhersage im Sinne einer quantitativen Aussage über die Zeit bis zum thermo-oxidativen Versagen kann allein auf Grund der Ergebnisse der OIT-Messungen noch nicht vorgenommen werden. Allerdings deuten OIT-Werte größer 0 an, dass noch eine aktiv wirksame Stabilisierung vorhanden ist, die das Rohr gegenüber einem thermo-oxidativen Angriff schützt (Abb. 3). Dementsprechend legen die durchgeführten Messungen der Oxidations-Induktions-Zeit (OIT) und die im Rahmen der Zeitstand-Innendruckversuche ermittelten Ergebnisse nahe, dass auch nach den über 30 bzw. 40 bisherigen Betriebsjahren nach wie vor eine aktiv wirksame Stabilisierung vorhanden und von einem baldigen thermo-oxidativen Versagen nach Ablauf der ursprünglich angesetzten

Nutzungsdauer von 50 Jahren nicht auszugehen ist.

### Rohrverbindungen

Im Hinblick auf die Bedeutung von Rohrverbindungen bei der Bewertung der Integrität der PE-Gas/-Wasserleitungen der ersten Generation wurden im Rahmen des Forschungsprojektes die vom DVGW erhobenen statistischen Daten bezüglich der auftretenden Schäden in den Gas- und Wasserverteilungsnetzen der Mitgliedsunternehmen betrachtet.

Die vorliegende Schadenstatistik Wasser weist dabei Daten für den Zeitraum 1997 bis 2004 aus, während im Rahmen der vorliegenden Schaden- und Unfallstatistik Gas Daten für den umfangreicheren Zeitraum 1981 bis 2005 erfasst sind. Eine Auswertung der Daten beider Statistiken belegt für Rohrsysteme aus Polyethylen eine im Vergleich zu den weiteren, zum Einsatz kommenden Werkstoffen eine konstant niedrige Schadenrate (definiert als Schäden/1.000 Hausanschlüsse, Schäden/100 km bzw. Schäden/km) mit insgesamt leicht abnehmender Tendenz. Zudem stellt der Anteil von durch defekte Rohrverbindungen verursachten Schäden an Rohrsystemen aus Polyethylen nicht die dominierende der erfassten Schadenursachen dar.

Eine Differenzierung in Rohrsysteme aus Polyethylen der ersten Generation im Vergleich zu Rohrsystemen aus aktuellen PE-Werkstoffen kann anhand der vorliegenden Daten nicht erfolgen. Dennoch lässt sich im Hinblick auf die Rohrverbindungen feststellen, dass sich aus der Auswertung der zur Verfügung stehenden Schadenstatistiken des DVGW keine Hinweise darauf ergeben, dass der Zustand der Rohrverbindungen die Nutzungsdauer der Rohrsysteme aus Polyethylen in Frage stellt.

### Empfehlungen

Wie ausgeführt, sind die Ergebnisse betreffend die thermo-oxidative Stabilität und die Rohrverbindungen mit methodischen Unsicherheiten behaftet. Im Zusammenhang mit einer Nutzungszeitverlängerung wird den Gas- und Wassernetzbetreibern daher empfohlen, im Rahmen einer regelmäßigen Kontrolle und Überwachung des Leitungsnetzes entsprechend ihrer Sorgfaltspflicht die Schadenentwicklung zu beobachten. Im Falle eines Anstieges der Schadenraten, welcher aller Voraussicht nach nicht schlagartig, sondern graduell verlaufen wird, sollten weitere Untersuchungen erfolgen.

Mit Blick auf die vom DVGW erhobenen statistischen Daten bezüglich der auftretenden Schäden in den Gas- und Wasserverteilungsnetzen der Mitgliedsunternehmen in Form der Schadenstatistik Wasser und der Schaden- und Unfallstatistik Gas wird empfohlen, dieselben um zusätzliche Informationen zu erweitern, welche eine detailliertere Zuordnung des Werkstoffes im Rahmen der Datenauswertung ermöglichen.

### Ausführlicher Bericht

Der ausführliche Bericht zum DVGW-Forschungsprojekt „Integrität von PE-Gas/-Wasserleitungen der ersten Generation“ steht auf der Homepage des DVGW im Mitgliederbereich zur Verfügung.

### Fazit

Im Rahmen des DVGW-Forschungsprojektes „Integrität von PE-Gas/-Wasserleitungen der ersten Generation“ wurden aus Hausanschlüssen entnommene Rohre für die Gas- und Wasserverteilung aus Polyethylen der ersten Generation untersucht. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse repräsentativ für den gesamten PE-HD-Bestand der ersten Generation sind.

Für die untersuchten Rohre für die Gasverteilung (Außendurchmesser 32 mm, SDR 11, Werkstoff Hostalen GM 5010, Verlegejahr 1975/76, bisherige Nutzungsdauer ca. 30 Jahre) sowie die untersuchten Rohre für die Wasserverteilung (Außendurchmesser 40 mm, SDR 11, Werkstoff Hostalen GM 5010, Verlegejahr 1967/68, bisherige Nutzungsdauer ca. 40 Jahre) ist Folgendes festzustellen:

1. In Anlehnung an die DIN EN ISO 9080 „Ermittlung der Zeitstand-Innendruckfestigkeit von thermoplastischen Werkstoffen durch statistische Extrapolation“ in Verbindung mit der DIN EN ISO 1167 „Bestimmung der Widerstandsfähigkeit von Rohren aus Thermoplasten gegen hydrostatischen Innendruck“ wurde eine Lebensdauernalyse unter Anwendung der Standard-Extrapolationsmethode (SEM) durchgeführt. Diese weist für die untersuchten Rohre aus PE eine weitere Lebensdauer von 50 Jahren bei einer Betriebstemperatur von 20 °C aus, für die Gasrohre bei einer Umfangsspannung von 5,3 MPa und für die Wasserrohre bei einer Umfangsspannung von 3,9 MPa. Der ordnungsgemäße Einbau und Betrieb des Leitungsbestandes (Sandbettung, keine zusätzlichen Belastungen wie beispielsweise Punktlasten und Biegespannungen) werden hierbei vorausgesetzt.

Die aktuellen Sicherheitsbeiwerte berücksichtigend, entspricht dies für die Gasrohre mit einem SDR von 11 einem berechneten Maximaldruck von 5,3 bar. Unter diesem Gesichtspunkt können die Gasrohre unter den bisherigen Betriebsbedingungen mit einem maximal zulässigen Betriebsdruck von 1 bar für eine über die ursprünglich angesetzte Nutzungsdauer von 50 Jahren hinausgehende weitere Nutzungsdauer von 50 Jahren weiterbetrieben werden. Für die Wasserrohre mit einem SDR von 11 errechnet sich ein maximal zulässiger Betriebsdruck von 6,2 bar. Insofern kann für die Wasserrohre bei einem maximal auftretenden Betriebsdruck von 7 bar von einer über die ursprünglich angesetzte Nutzungsdauer von 50 Jahren hinausgehenden weiteren Nutzungsdauer von 25 bis 30 Jahren ausgegangen werden.

2. Im Hinblick auf die thermo-oxidative Stabilität legen die durchgeführten Messungen der Oxidations-Induktions-Zeit (OIT) und die im Rahmen der Zeitstand-Innendruckversuche ermittelten Ergebnisse nahe, dass nach wie vor eine aktiv wirksame Stabilisierung vorhanden und von einem baldigen thermo-oxidativen Versagen nach Ablauf der ursprünglich angesetzten Nutzungsdauer von 50 Jahren nicht auszugehen ist.
3. Aus der Auswertung der zur Verfügung stehenden Schadenstatistiken des DVGW ergeben sich keine Hinweise darauf, dass der Zustand der Rohrverbindungen die Nutzungsdauer der Rohrsysteme aus Polyethylen in Frage stellt.
4. Im Zusammenhang mit einer Nutzungszeitverlängerung wird den Gas- und Wassernetzbetreibern empfohlen, im Rahmen einer regelmäßigen Kontrolle und Überwachung des Leitungsnetzes entsprechend ihrer Sorgfaltspflicht die Schadenentwicklung zu beobachten. Im Falle eines Anstieges der Schadenraten, welcher aller Voraussicht nach nicht schlagartig, sondern graduell verlaufen wird, sollten weitere Untersuchungen erfolgen.

#### Autoren:

Dipl.-Ing. Frans Scholten  
 Prof. Dr.-Ing. Mannes Wolters  
 Kiwa Gas Technology (KIWA)  
 Wilmersdorf 50  
 7327 AC Apeldoorn, Niederlande  
 Tel.: +31 55 5393-395  
 Fax: +31 55 5393-335  
 E-Mail: frans.scholten@kiwa.nl  
 Internet: www.kiwagastechnology.com

Dr. Mirko Wenzel  
 Dr. Jürgen Wüst  
 Süddeutsches Kunststoff-Zentrum (SKZ)  
 Friedrich-Bergius-Ring 22  
 97076 Würzburg  
 Tel.: 0931 4104-347, Fax: 0931 4104-707  
 E-Mail: m.wenzel@skz.de  
 Internet: www.skz.de

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jürgen Heinemann  
 Dipl.-Ing. Alexander Bockenheimer  
 Staatliche Materialprüfungsanstalt Darmstadt (MPA Darmstadt)  
 Grafenstr. 2, 64283 Darmstadt  
 Tel.: 06151 16-6797  
 Fax: 06151 16-5658  
 E-Mail: heinemann@mpa-ifw.tu-darmstadt.de  
 Internet: www.mpa-ifw.tu-darmstadt.de

# Einfach doppelt besser!

## HL 5000 H<sub>2</sub>



**Innovation vom  
Technologieführer**

**HL 5000 H<sub>2</sub>, die neue Kombi für  
die Leakageortung in Wasser-  
netzen: mit Bodenmikrofon und  
Tracergas-Detektor – perfekt  
für alle Anforderungen!**

- ▶ Einzigartige Kombination von Bodenmikrofon und Tracergas-Detektor
- ▶ Alles im Set (Steuereinheit, Bodenmikrofon, H<sub>2</sub>-Sensor)
- ▶ Höchste Präzision der Ortung durch Visualisierung von bis zu neun Messpunkten (Gaskonzentration/ Geräusch)
- ▶ Optimale optische Unterstützung bei der akustischen Leckortung (DSA-Technologie)
- ▶ Höhere Sicherheit durch umfassende Frequenzanalyse und -filterung (frei wählbare Filter im Spektrum von 0 bis 4.000 Hz)

## sebaKMT

SebaKMT · 96148 Baunach/Germany  
 Tel. +49(0)95 44 - 6 80 · Fax +49(0)95 44 - 22 73  
 sales@sebakmt.com · [www.sebakmt.com](http://www.sebakmt.com)

sebaKMT ist eingetragenes Warenzeichen der sebaKMT Gruppe