

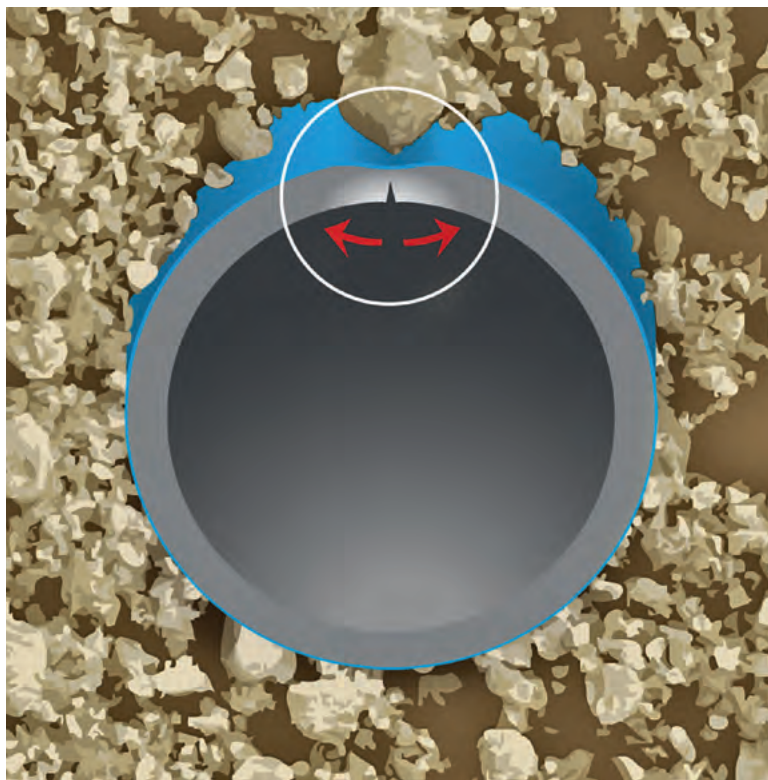
Der Rohrwerkstoff PE 100-RC:

Von der Markteinführung bis zur Aufnahme ins Regelwerk und die Auswirkungen in der Praxis

Im Hinblick auf die in Kürze erwartete **Veröffentlichung der neuen PE-Druckrohr-Systemnormen**, insbesondere mit der offiziellen Aufnahme des Werkstoffes PE 100-RC ins Regelwerk, wirft dieser Fachbeitrag einen **Rückblick auf den Werdegang dieses Werkstoffes und stellt neu entwickelte Prüfmethode**n zum Nachweis der besonderen Eigenschaften vor. Darüber hinaus werden mögliche Auswirkungen der Neuerungen auf die Installationspraxis von Rohren aus PE 100-RC beleuchtet, die **bei der Handhabung von Rohren und Fittings zu berücksichtigen sind**. Hinweise für die praktische Ausführung von Rohrverbindungen runden den Beitrag ab.

von: Robert Eckert (Aliaxis Deutschland GmbH), Dirk Grahl (Westnetz GmbH), Frank Hoppe (SPIE SAG GmbH) & Leo Wolters (Institut für Kunststoffverarbeitung an der RWTH Aachen)

Abb. 1: Punktlast: Beanspruchung eines Druckrohrs in der Wechselwirkung mit dem „System Boden“



Quelle: IKV

Die verschiedenen Komitees des Europäischen Komitees für Normung (CEN) erarbeiten gemeinschaftlich die europäische Normung, die in der Folge zur Grundlage für die nationale Regelwerkssetzung wird. Diese Normen sind mit dem Kürzel „EN“ vor der Nummer und dem Titel gekennzeichnet. Nationale Regelwerke, wie z. B. die DIN-Normen mit deckungsgleichem Inhalt, müssen bei deren Veröffentlichung zurückgezogen werden. Diese europä-

ischen Normen (EN) ersetzen damit die nationalen Ausgaben und werden in Deutschland als „DIN EN“ veröffentlicht.

Für PE-Druckrohrsysteme unterscheidet man zwischen der EN-1555-Serie „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung – Polyethylen“ und der EN-12201-Serie: „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung und für Entwässerungs- und Abwasserdruckleitungen – Polyethylen“, wobei die Serien in Teile untergliedert werden:

- Teil 1: Allgemeines/Werkstoff
- Teil 2: Rohre
- Teil 3: Formstücke
- Teil 4: Armaturen
- Teil 5: Gebrauchstauglichkeit
- Teil 7: Konformitätsbewertung (CEN TS, d. h., als sogenannte Technical Specification ist Teil 7 keine offizielle Norm, sondern eher eine Empfehlung)

Durch diese Systemnormen wird eine verlässliche Qualitätsgrundlage für die Anforderungen geschaffen, die an Gas- und Wasserleitungssysteme für deren sicheren Betrieb von mindestens 100 Jahren gestellt werden [1–5]. Der fehlende Teil 6 würde theoretisch die Errichtung des Rohrsystems beschreiben. Da diese Grundlagen für den „Code of Practice“ jedoch in anderen Gremien erarbeitet werden, folgen sie nicht dem Schema, sondern haben eigene Nummern, für

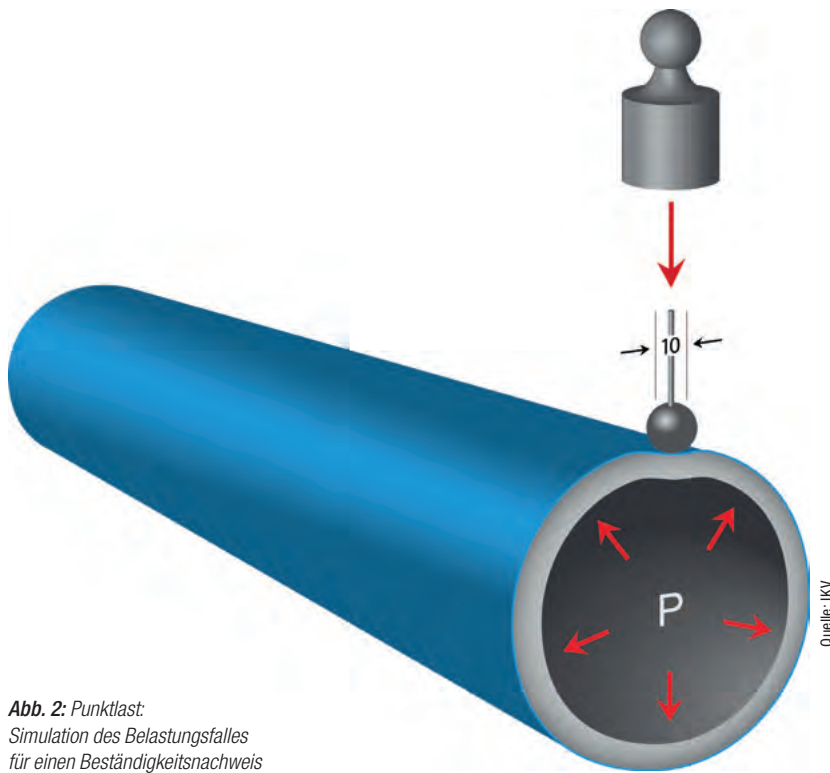


Abb. 2: Punktlast:
Simulation des Belastungsfalles
für einen Beständigkeitsnachweis

- Gas EN 12007: „Gasinfrastruktur – Rohrleitungen mit einem maximal zulässigen Betriebsdruck bis einschließlich 16 bar“, hier insbesondere Teil 2 für PE
- Wasser EN 805: „Wasserversorgung – Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden“

Die finale Abstimmung der Regelwerke EN 1555 für Gas hat im März 2021 begonnen, sodass noch in diesem Jahr mit den Veröffentlichungen gerechnet werden kann. Für den Bereich Wasser erfolgt die Publikation dann voraussichtlich im Jahr 2022.

Hygieneanforderungen werden (noch) nicht auf europäischer Ebene geregelt, sondern nach wie vor national. In Deutschland hat das Umweltbundesamt (UBA) mit den Bewertungsgrundlagen für Kunststoffe und andere organische Materialien im Kontakt mit Trinkwasser [6] in der Ausgabe vom März 2019 die geforderten Eigenschaften festgelegt. Die heutigen PE-Werkstoffe, natürlich inklusive der PE 100-RC-Typen, entsprechen in ihrer Zusammensetzung den lebensmittelrechtlichen und trinkwasserrelevanten Vorschriften. Kunststoffrohrsysteme spielen daher eine entscheidende Rolle dabei, die Qualität des Wassers

auf dem Weg vom Wasserwerk bis zu den Verbraucherinnen und Verbrauchern sicherzustellen.

Der Rohrwerkstoff PE 100-RC und der weite Weg zu einem genormten Produkt

In diesem Jahr wird ein weiterer, wesentlicher Schritt in der technischen Weiterentwicklung von PE-Druckrohrsystemen erwartet: die Aufnahme des gegen Risswachstum besonders widerstandsfähigen Werkstoffs der Bezeichnung „RC“ (Resistant to Crack) ins Regelwerk. Dieser Schritt mag insofern überraschen, als Rohre aus PE 100-RC schon bei vielen Versorgungsunternehmen seit Jahren im Einsatz sind. Und tatsächlich werden Druckrohre aus dem Werkstoff seit über 15 Jahren im deutschen und europäischen Markt angeboten, und das sehr erfolgreich: Mit dem flächendeckenden Einsatz und einem Marktanteil von etwa 50 Prozent haben sich RC-Rohre im Markt längst etabliert.

Gleichzeitig ist es erst jetzt möglich, die Nachweisführungen in den einzelnen Laboren durch einen konsensfähigen und auch den wissenschaftlichen Regeln entsprechenden Grundsatz mit Allgemeingültigkeit abzudecken. Mit anderen Worten: Für Produktprüfun-

gen und Zertifizierungen waren PE 100-RC-Rohre bisher lediglich klassifiziert als PE 100-Rohre. Die Bestätigung, dass das Produkt auch die Anforderungen an die Eigenschaft „RC“ nach PAS 1075 [7] erfüllt, erfolgte unabhängig davon durch eine zusätzliche, spezifische Zertifizierung nach verschiedenen Vorgaben (z. B. mit der DIN certco).

Bereits in den Jahren der Markteinführung von RC-Rohren wurde die Frage der Nachweisführung für die verbesserte Materialeigenschaft – den Widerstand gegen langsames Risswachstum – durch Prüfungen gekerbter Probekörper adressiert. Eine besondere Bedeutung kommt dabei dem sogenannten Punktlastversuch zu, der von Dr.-Ing. Joachim Hessel (Hessel Ingenieurtechnik GmbH) entwickelt wurde. Dieser praxisnahe Versuch simuliert Belastungsfälle, wie sie auf ein Druckrohr in der Wechselwirkung mit dem „System Boden“ wirken können.

Vor allem bei unkonventionellen Einbautechniken (wie z. B. Spülbohren, Einpflügen, Einzug, Berstlining oder auch bei sandbettfreiem Einbau unter Verwendung des Erdaushubs als Bettungsmaterial) können Punktlasten durch Fremdkörper in der Bettung entstehen. Diese Lasten drücken dann von außen dauerhaft auf die Rohrwand, während gleichzeitig das Rohr im Betrieb mit Innendruck beaufschlagt wird (**Abb. 1**). Der Schadensmechanismus ist auch hier der langsame Rissfortschritt (Slow Crack Growth, kurz: SCG). Ein Werkstoff mit optimierter Riss- und Kerbunempfindlichkeit deckt diese Eigenschaft der sogenannten Raubettungstauglichkeit besonders gut ab und kann damit bevorzugt für diese Lastfälle zum Einsatz kommen.

Aus diesen Überlegungen heraus entstand die DIN PAS 1075, die sich auch international etablieren konnte. Das Regelwerk war über viele Jahre die Prüfgrundlage für raubettungstaugliche Rohrsysteme, musste jedoch im Jahr 2020 aus formalen Gründen zurückgezogen werden. In diesem Zusammen-

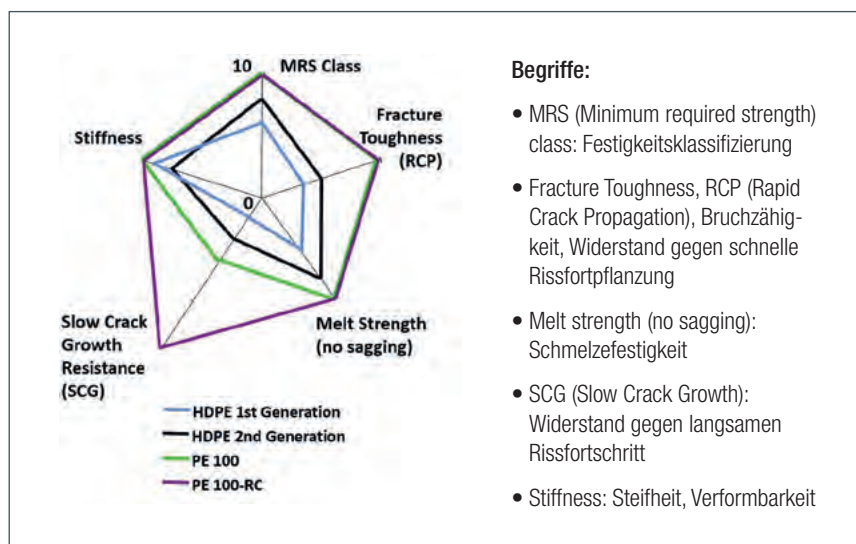


Abb. 3: Sternendiagramm typischer Werkstoffeigenschaften und deren Verbesserung über vier PE-Werkstoff-Generationen

hang ist es wichtig, die Methodik einer PAS (Publicly Available Specification) zu verstehen: Eine als PAS bezeichnete öffentliche Spezifikation ist eine Art „Vornorm“, die es ermöglicht, Produktanforderungen auf Basis des Know-hows der Beteiligten zu definieren. Im Gegensatz zur Erarbeitung offizieller Regelwerke, die unter öffentlicher Mitarbeit interessierter Kreise erfolgt, wird eine PAS von wenigen Expertinnen und Experten erstellt und spiegelt damit ausschließlich deren Wissenstand wider, ohne eine kritische Diskussion der Fachwelt. In dieser Form bietet eine PAS eine ausgesprochen agile Methode, um technische Sachverhalte schnell und effizient als Prüfbasis zu formulieren und damit Grundlagen zur Vertiefung zu schaffen [8].

Problematisch im konkreten Fall der PAS 1075 war, dass zum einen der in ihr zugrunde gelegte Punktlastversuch (Abb. 2) sehr lange Prüfzeiten von mindestens einem Jahr erfordert. Damit lassen sich zwar Baumusterprüfungen als Grundsatznachweise durchführen, für die Produktionskontrolle ist der Versuch jedoch ungeeignet. Zum anderen konnten die Prüfergebnisse in anderen Laboren nicht mit der geforderten Genauigkeit reproduziert werden. Dies ist jedoch Voraussetzung zur Anerkennung und Normung einer Prüfmethode. Daraufhin wurde nach alternativen Prüfmethoden gesucht,

deren Ergebnisse idealerweise mit denen des Punktlastversuchs korrelieren, dabei aber in deutlich geringeren Prüfzeiten reproduzierbare Prüfergebnisse liefern sollten.

Diese Prüfnormen wurden nun entwickelt, auf Basis der offiziellen Normungsgrundlagen formuliert und werden nun – erstmals – als Prüfanforderungen für RC-Rohre in den Systemnormen für PE-Druckrohre verankert werden. Dieser Prozess hat enorme Kraftanstrengungen erfordert und insgesamt über 13 Jahre andauert. Ein vom DVGW und der European Gas Research Group (GERG) getragenes und breit aufgestelltes Forschungsvorhaben [9] unter der Mitarbeit von Gas- und Wasserversorgungsunternehmen, den Prüfinstituten SKZ, TGM und KIWA sowie der Industrie führte schließlich im Konsens zum Nachweis der Materialeigenschaft SCG und bietet im Ansatz eine Korrelation mit dem zugrundeliegenden praxisrelevanten Punktlastversuch.

Die neuen Prüfmethoden werden unter internationaler Mitwirkung in ISO-Gremien erstellt, daher werden englische Begriffe verwendet. Im Einzelnen sind es folgende Prüfmethoden:

- Strain Hardening Test (SHT, etwa: Dehnungs-Verfestigungs-Prüfung) nach ISO 18488: Polyethylene (PE)

materials for piping systems – Determination of Strain Hardening Modulus in relation to slow crack growth

- Cracked Round Bar Test (CRB, etwa: Prüfung am gekerbten Rundstab) nach ISO 18489: Polyethylene (PE) materials for piping systems – Determination of resistance to slow crack growth under cyclic loading – Cracked Round Bar test method
- Accelerated Full Notch Creep Test (AFNCT, etwa: beschleunigter Kriechtest an einem umlaufend gekerbten Probekörper) nach ISO 16770: Plastics – Determination of environmental stress cracking (ESC) of polyethylene – full-notch creep test (FNCT)
- Accelerated notched pipe test (ANPT, etwa: beschleunigte Prüfung eines gekerbten Rohres) nach ISO/DIS 13479: Polyolefin pipes for the conveyance of fluids – Determination of resistance to crack propagation – test method for slow crack growth on notched pipes

Da Ergebnisse aus diesen Prüfungen schneller zur Verfügung stehen, erlauben sie eine Qualitätskontrolle deutlich näher zur Produktion.

Ein weiteres ISO-Normungsprojekt, die ISO/CD 22102: „Polyethylene (PE), Materials for piping systems – Determination of the resistance to point loads – Test method“, beschäftigt sich mit der Erstellung einer Prüfanforderung für den Punktlastversuch (engl.: Point Load Test (PLT)). Dieses Projekt ist jedoch aktuell noch nicht abgeschlossen.

Ein kurzer Rückblick: PE-Rohre und der Weg in die praktische Anwendung

Bereits in den 1950er-Jahren wurden erste PE-Druckrohrsysteme eingebaut, die zum Teil bis heute beanstandungsfrei betrieben werden. Im Laufe der Zeit vertieften sich nicht nur die Detailkenntnisse zu den Eigenschaften und praxisrelevanten Anforderungen an Polyethylen, sondern der Werkstoff wurde hinsichtlich dieser Eigenschaf-

ten auch stetig weiterentwickelt. Mit der Einführung als Rohrwerkstoff fehlten gleichwohl Langzeiterfahrungen, z. B. zu der Frage, mit welcher Nutzungsdauer der Rohrleitung unter den spezifischen Anforderungen zu rechnen sei. Daher wurden auf wissenschaftlicher Basis Methoden entwickelt, um die Langlebigkeit von Rohrleitungen zunächst für 50 Jahre prognostizieren zu können. Dieser Ansatz einer Extrapolation war daher konservativ. Durch die Praxis erwiesen sich die dabei gemachten Annahmen als richtig, denn die Leitungen werden bis heute betrieben. Diese Erfahrungen sowie die vertiefte Werkstoffkenntnis ermöglichen es heute, eine Nutzungsdauer der Rohrsysteme von mindestens 100 Jahren vorauszusagen. Mit der Weiterentwicklung der Rohrwerkstoffe von PE-LD, PE 63 und PE 80 zu den heute gängigen PE 100-Typen wurden auch stetig mechanische und physikalische Materialeigenschaften verbessert, wie z. B. die Innendruckfestigkeit, die Zähigkeit oder die thermische Stabilität. Diese Entwicklungen lassen sich in einem Sternendiagramm darstellen, welches einen direkten Vergleich der unterschiedlichen Materialtypen ermöglicht (Abb. 3).

Die Schweißbarkeit der Werkstoffe PE 80, PE 100 und PE 100-RC untereinander durch das Heizelement-Stumpfschweißverfahren sowie in Verbindung mit Heizwendel-Schweiß-

formstücken und -sätteln ist nachgewiesen und deckt damit auch Arbeiten am Bestand des Rohrleitungsnetzes ab.

Zuverlässigkeit durch gute Produkte, gute Ausbildung und regelmäßige Überwachung

Die Zuverlässigkeit von PE-Rohrleitungssystemen wird auch durch die regelmäßig erhobenen DVGW-Schadenstatistiken [10, 11] verdeutlicht, die für den Gas- und Trinkwasserbereich in einem dreijährigen Turnus veröffentlicht werden (Abb. 4). PE-Rohrsysteme weisen bei hoher Marktdurchdringung dabei die geringste Häufigkeit an Schadensereignissen pro km und Jahr auf, wobei sich dieser rückläufige Trend in den letzten 30 Jahren, ausgehend von einem niedrigen Niveau, stetig fortgesetzt hat.

Dies spiegelt sich auch in der werksinternen Beanstandungsstatistik der Aliaxis Deutschland wider: Trotz steigender Bedarfe nimmt die Anzahl der rückgemeldeten Schweißfehler kontinuierlich ab. Bestätigt wird dieser Trend durch Gutachter der Handwerkskammern, der Ausbildungsstätten und der Prüfstellen, die über das Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) mit Sitz in Aachen organisiert und fachlich betreut sind. Bemerkenswert ist dabei, dass insbesondere PE 100- und PE 100-RC-Materialtypen hinsichtlich der Beanstandungen unauffällig sind.

Grundlage für den Erfolg sind eine durchdachte Regelung unter dem Schirm des DVGW sowie der Dreiklang zwischen Produkt, Ausbildung und Überwachung. So werden für Produkte die Anforderungen an das Qualitätsniveau durch die DVGW-Arbeitsblätter GW 335 vorgegeben, für die Ausbildung des Schweißpersonals durch das DVGW-Arbeitsblatt GW 330 und für die Überwachung der Arbeiten durch eine Schweißaufsicht durch das DVGW-Merkblatt GW 331.

Optimierte Werkstoffeigenschaften – Auswirkungen in der Praxis

Die im Tiefbau etablierten Fügeverfahren sind das Heizelement-Stumpfschweißen und das Heizwendel-Schweißen. Dabei sind die Grundsätze für die Herstellung dieser Verbindungen – unabhängig vom Materialtyp nach DVS 2207-1 [12] – prinzipiell über die Jahre hinweg gleich geblieben. Der Nachweis der Schweißeignung ist eine Grundanforderung, die an alle PE-Werkstoffe gestellt wird. Sie ist somit eine zertifizierungsrelevante Eigenschaft und wird durch Prüfungen im Teil 1 der Systemnormen (EN 1555 und EN 12201) abgedeckt. Im Hinblick auf kennzeichnende Materialeigenschaften (wie z. B. MFR (Melt Flow Ratio)) liegen die Kennwerte für PE 100- und PE 100-RC-Werkstoffe in absolut identischen Bereichen.

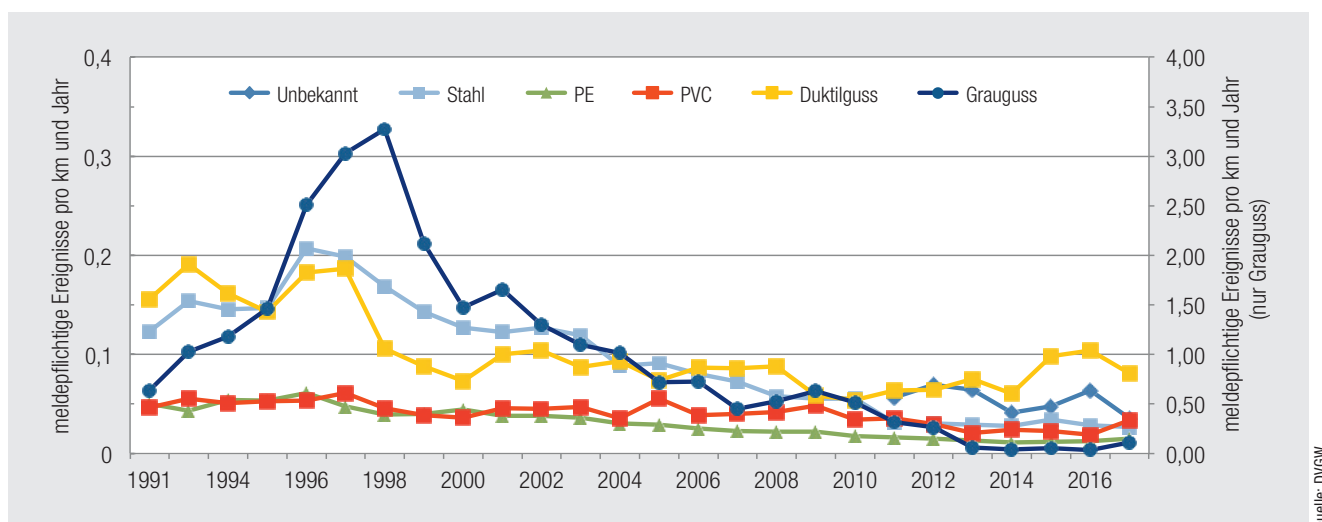


Abb. 4: DVGW-Schadenstatistik: Meldepflichtige Ereignisentwicklung zwischen 1991 und 2017 an allen Gasleitungen nach Werkstoffgruppen



Quelle: Atlas

Abb. 5: Winkelformstücke erlauben größtmögliche Flexibilität bei komplexer Leitungsführung und helfen, verspannte Einbausituationen zu vermeiden.



Quelle: Atlas

Abb. 6: Baustellenbedingungen: Installationen von Heizwendel-Formstücken unter dem Schirm bei Regen

Die Optimierung einiger Eigenschaften (Abb. 3) hatte jedoch zur Folge, dass sich auch andere Charakteristika, z. B. die Flexibilität der Rohre, verändert haben. Damit führen beispielsweise Zähigkeit oder Biegesteifigkeit

von PE 100- und PE 100-RC-Rohren zu höheren Ansprüchen an die Sorgfalt bei der Verarbeitung, während des Einbaus und insbesondere bei der Herstellung der Rohrverbindung. Diesen Effekten kann entgegengewirkt

werden: Die höhere Zähigkeit und damit eine subjektiv wahrgenommene, höhere Oberflächenhärte erfordert die Verwendung von Schälgeräten zur Bearbeitung der Rohroberflächen. Solche Schälgeräte ermöglichen einen defi-

INFORMATIONEN

Der Schweißprozess: Qualitätsrelevante Einflüsse bei der Herstellung einer Schweißverbindung

Der Schweißprozess umfasst die Vorbereitung der Verbindungsstelle bis zum Ablauf der erforderlichen Abkühlzeit und gilt – ohne Unterbrechung – als ein einziger Arbeitsvorgang. Die Verarbeitungsschritte für die Herstellung einer Heizwendelschweißverbindung sind:

- Säubern der Rohroberflächen
- ggf. Rohr rechtwinklig abtrennen, Schnittkanten entgraten und ovale Rohre rückrunden
- Schweißbereich anzeichnen und Oxidschicht entfernen
- Ausmessen und Einstecktiefe anzeichnen
- Reinigung der Fügeflächen
- Formstück montieren
- Schweißprozess starten
- Schweißparameter dokumentieren
- Abkühlzeit beachten

Einige der genannten Prozessschritte sollen im Folgenden näher betrachtet werden. Wenn Sie Fragen zu diesen oder den hier nicht vertieften Punkten haben, holen Sie sich gerne Rat bei den Autoren dieses Fachbeitrags oder bei Ihren Lieferanten.

Grundsätzlich kommt der Vorbereitung der Schweißflächen eine besonders große Bedeutung zu. Fehler, die bei der Reinigung und Schälung gemacht werden, haben oft fatale Folgen. Dabei gilt das Hauptaugenmerk der Reinigung der Fügepartner und der ordnungsgemäßen Funktion des Schälgeräts.

Unabhängig vom Fügeverfahren ist es empfehlenswert, vorbereitend zu einem Bauprojekt vor der Herstellung der Rohrverbindungen im Zuge der Qualitätssicherung eine Testverbindung herzustellen. Diese kann mit praxisnahen Testverfahren geprüft werden, wie z. B. einem Radialscherversuch für Heizwendelschweißverbindungen nach DVS 2203-6, Beiblatt 1 [13] oder dem sogenannten Bead-Bend-Back-Test (BBBT) [14] nach EN 12007-2 an der Schweißwulst der Heizelement-Stumpfschweißverbindung.

Säubern Sie die Rohroberflächen!

Besonders bei nachträglichen Anschlussarbeiten an bereits eingebauten Rohren, aber auch wenn neue Rohre dem Lager entnommen werden und durch z. B. Staub verschmutzt sind, müssen die Rohroberflächen sorgfältigst gereinigt werden (**Abb. 10**). Warum? Dadurch lässt sich Kreuzkontamination vermeiden, wie z. B. dass

nierten, gleichmäßigen, vollflächigen und vollumfänglichen Abtrag der Oxidschicht des Rohres. Der Einsatz des klassischen Handschaber hingegen liefert hier nur bei großer Sorgfalt und handwerklichem Geschick ein gutes Ergebnis – jedoch nie ein so verlässliches und reproduzierbares Ergebnis wie ein Schälgerät. Dieses Phänomen lässt sich unabhängig vom Rohrwerkstoff beobachten: So waren in früheren Jahren deutlich höhere Beanstandungsquoten mit PE 80-Rohren zu verzeichnen, die auf mangelhaftes Schaben mittels Handschaber zurückzuführen waren. Daher schreibt die Richtlinie DVS 2207-1 seit ihrer Ausgabe 08-2015 [12] die Verwendung von Rotationsschälgeräten grundsätzlich und unabhängig vom PE-Rohrwerkstoff vor.

Die höhere Festigkeit der Rohrwerkstoffe verringert die Flexibilität, vor-

allem bei Temperaturen unter +5 °C. Achsabweichungen der zu verbindenden Rohre können dann schnell zu Winkelfehlern führen, auch in Verbindung mit Schmelzeaustritten oder Schweißabbrüchen. Die Rohre müssen daher achsfluchtend in einer spannungsarmen Lage zueinander ausgerichtet und in dieser Lage gesichert werden. Hierfür sind 4-Punkt-Halteklappen ein geeignetes Hilfsmittel, insbesondere bei tiefen Temperaturen und dem Einsatz von Ringbundware. Formteile können helfen, auch komplexe Richtungswechsel der Rohrleitung spannungsfrei und technisch korrekt auszuführen (Abb. 5).

Praxisanforderungen für baustellentaugliche Produkte berücksichtigen

Heizwendel-Schweißfittings, nicht zu vergessen die zugehörige Gerätetechnik,

werden für die rauen Bedingungen auf der Baustelle entwickelt. Die Produkte müssen daher diesen Anforderungen „bei Wind und Wetter“ (Abb. 6) gerecht werden.

Produktstandards definieren in der Regel die technischen Mindestanforderungen, z. B. für einen Fitting hinsichtlich Rohreinstecktiefe, Schweißzonenlänge oder Wanddicke. Unterschiedliche Fabrikate, die zwar die Anforderungen der gleichen Norm erfüllen, können sich aber tatsächlich in ihrer praktischen Verarbeitung und dauerhaften betrieblichen Nutzung unterscheiden.

Die Verarbeitung der Produkte unter Baustellenbedingungen (z. B. bei schwierigen Umgebungsbedingungen und unter Zeitdruck) stellt hohe Anforderungen, die sich im Labor nicht unbedingt simulieren lassen. Im Rahmen

bei späteren Verarbeitungsschritten Schmutz und sonstige Verunreinigungen als Trennschichten in den vorbereiteten Schweißbereich gerieben werden. Darüber hinaus erhöht sich durch die Reinigung die Lebensdauer des Messers am Schälgerät, Kosten werden verringert und mögliche Qualitätsprobleme vermieden (vgl. hierzu auch den nachfolgenden Absatz zur Oxidschicht).

Sorgen Sie für gerade Stirnkanten am Rohr, rechtwinklig zur Rohrachse!

Warum? Ein schräger Rohrschnitt verringert die Überdeckung der inneren kalten Zone des Fittings durch das Rohr, reduziert die Rohrführung und begünstigt damit Winkelfehler.

Oxidschicht entfernen: Halten Sie das Schälgerät in einem einwandfreien Zustand!

Das Schälgerät ist ein Präzisionswerkzeug – folglich sollte es auch als ein solches behandelt werden! *Warum?* Die Oxidschicht auf der Rohroberfläche wirkt als Trennschicht und würde in der Schweißzone eine homogene Materialverbindung der Fügepartner verhindern. Das Schälgerät (Abb. 11) erzeugt durch die spangebende Bearbeitung der Rohroberfläche eine frische Oberfläche. Mindestens ca. 0,2 mm soll der Oberflächenabtrag sein, damit diese frische Oberfläche zur Verfügung steht. Das Schalen ist also ein Muss!

Kontrollieren Sie regelmäßig das Schälergebnis auf Gleichmäßigkeit und vollständige Bearbeitung der Oberfläche. Der Span sollte gleichmäßig dick und durchgängig sein. Dazu sollte regelmäßig die Spandicke mit einem Messschieber gemessen werden. Eine



Abb. 10: Säubern der Rohre



Abb. 11: Rohr-Oberflächenbearbeitung mit einem Kombigerät, welches Rohrenden- und -sattelflächenbearbeitung erlaubt.

Quelle: Altaxis

Quelle: Altaxis

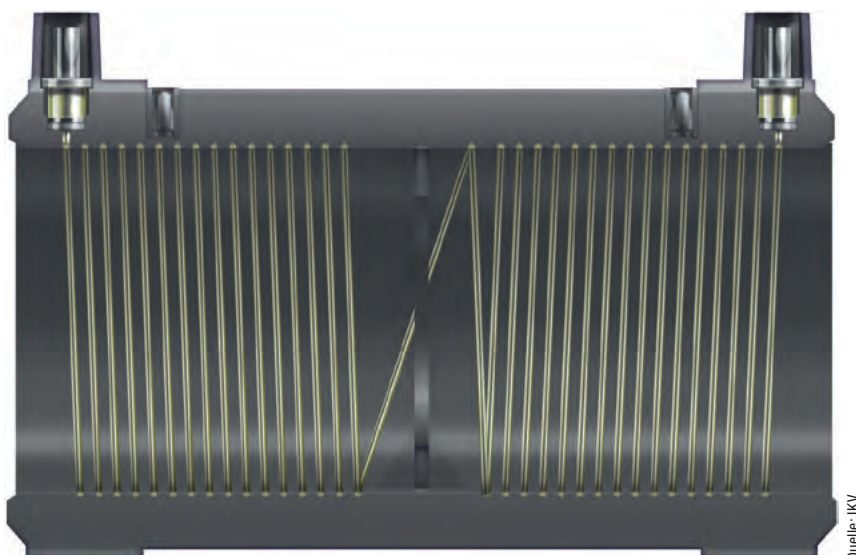


Abb. 7: Beispielhafte Schnittdarstellung einer Variante der Heizwendel-Schweißmuffe

eine einfache und zeitsparende Montage zu ermöglichen.

Auslegung der Schweißzone: Heizwendelzone, Schweißparameter und Temperaturkompensation

Eine optimale Prozessfähigkeit lässt sich durch die Auswahl der elektrischen Parameter erreichen: beispielsweise unter Abstimmung der frei wählbaren elektrischen Spannung und des Widerstands der Heizwendel (eigens für jede Dimension) sowie mit einer Temperaturkompensation, die die zur Schweißung erforderliche Energiezufuhr individuell für den jeweils optimalen Prozess anpasst. Der Einsatzbereich wird vom Hersteller festgelegt. Im gesamten Temperaturfeld, z. B. von -10 °C bis $+45\text{ °C}$, müssen dabei alle Qualitätsanforderungen an die Verarbeitung, die Verbindung und die Schweißqualität erfüllt werden (Abb. 7).

der normativen Bedingungen kann der Hersteller seine Produkte auch besser gestalten, z. B. ist auch die maximal zulässige Einstecktiefe genormt. Mit der längeren Einstecktiefe lassen sich

Kaltzonen, vor allem aber die Schweißzonenlänge optimieren. Trotz eines hohen Normierungsgrades lässt die Norm Spielräume zu, um nicht nur eine stets zuverlässige, sondern auch

INFORMATIONEN

weitere Möglichkeit zur Kontrolle einer ordnungsgemäßen Spanabnahme besteht darin, den Rohraußendurchmesser vor und nach dem Schälvorgang mit einem Umfangsmaßband zu messen. Werden die Verschleißgrenzen erreicht, müssen die Messer der Schälgeräte rechtzeitig gewechselt werden.

Dabei gilt es zu beachten: Die Spandicke beeinflusst das Passungsverhältnis zwischen Muffen und Rohr. Oft nimmt die Spandicke mit dem Verschleiß des Schälmessers zu. Ein dicker Span führt so zu einer „Wackelpassung“, also einem vergrößerten Spalt zwischen den Fügepartnern, sodass der Schmelzedruck während der Schweißung ggf. nicht mehr ausreichend aufgebaut werden kann. Dies hat einen negativen Einfluss auf die Schweißqualität.

Kleinere Wartungsarbeiten (wie z. B. der Messerwechsel) können selbst vor Ort durchgeführt werden. Viele Schälgeräte haben heute ein mehrschneidiges Messer, sodass durch einen Positionswechsel des Schneidwerkzeugs bereits ein frisches Messer zur Verfügung steht. Messer sind Verschleißartikel und müssen regelmäßig getauscht werden. Sorgen Sie dafür, dass stets Ersatzmesser vorrätig sind. Wenn Sie bewegliche Teile des Schälgeräts schmieren, achten Sie darauf, dass das Schmiermittel später nicht in die Fügezone eingebracht wird. Schmiermittel sind Trennmittel!

Heben Sie Schälgeräte geschützt in der Transportbox auf und beachten Sie die Wartungsvorschriften des Herstellers.

Reinigung der Fügeflächen

Fügepartner müssen sauber, trocken und fettfrei sein, damit eine gute Schweißverbindung entstehen kann. *Warum?* Durch die Reinigung der Fügeflächen (Abb. 12) unmittelbar vor der Fittingmontage sollen Verunreinigungen, z. B. durch Handling oder durch Umgebungsbedingungen auf der Baustelle, entfernt werden.

Achten Sie darauf, dass das Reinigungsmittel für diesen Einsatzzweck auch geeignet ist. Durch eine DVGW-Zertifizierung nach VP 603 ist sichergestellt, dass das PE-Reinigungsmittel geeignet ist, Kontamination zu beseitigen, dass es rückstandsfrei und zügig abdampft und in einem geeigneten Behälter ausgeliefert wird. Ein entsprechender Behälter besitzt ein Ventil für eine gute Dosierbarkeit und um ungewolltes Auslaufen, unnötiges Verdampfen und Wasseraufnahme des (hygroskopischen) Reinigungsmittels aus der Umgebungsluft zu vermeiden.

Das Reinigungsmittel sollte mit herkömmlichen Papiertüchern (z. B. Toilettenpapier) aufgebracht werden. Dieses Papier muss ohne Zusatzstoffe, weiß (d. h. nicht eingefärbt) und nicht aus Recyclingmaterial hergestellt sein. Vermeiden Sie Hautkontakt mit dem Reinigungsmittel, denn der enthaltene Alkohol entfettet auch die Haut. Dies kann nicht nur zu Hautirritationen führen: Wird eine Handcreme zur Rückfettung verwendet, können Bestandteile der Creme beim Handling in die Fügezone kommen und so die Schweißung verhindern. Dies ist auch besonders problematisch, wenn vorgefeuchtete PE-Reinigungstücher eingesetzt werden, da ein Hautkontakt praktisch nicht vermieden werden kann.

Der Schweißprozess: Beschreibung der Prozessschritte

Die vom Hersteller getroffenen Entscheidungen zur Konstruktion von Formstücken haben nicht nur Auswirkungen auf den Preis des Produkts, sondern auch auf seine Verarbeitbarkeit auf der Baustelle sowie auf den Einsatz dazu geeigneter Montagewerkzeuge wie Schälgeräte, Haltevorrichtungen oder Anbohrwerkzeuge. Qualifizierte PE-Schweißer müssen deshalb über die Besonderheiten bei der Verarbeitung der eingesetzten Fabrikate, Formstücke und Werkzeuge geschult sein (Abb. 8).

Auftraggeber bzw. Netzbetreiber mit einer eigenen Bau- und Qualitätsüberwachung, wie auch die Schweißaufsichten der Rohrleitungsbauer sind ausdrücklich dazu aufgefordert, die unterschiedlichsten Konstruktionen



Abb. 8: Prozessbeschreibung einer Heizwendelschweißung am Beispiel einer Muffenverbindung

Quelle: IKV

Apropos Reinigungstücher: Finger weg von Produkten aus dem Drogeriemarkt! Diese sind für den Kosmetikbereich vorgesehen, enthalten damit oftmals duft- und rückfettende Stoffe und sind damit ungeeignet. Vermeiden Sie darüber hinaus unbedingt die Verwendung von Lappen oder Lumpen zum Reinigen, denn diese sind häufig kontaminiert oder vorgefettet. Vor allem Gleitmittel, die bei der Verbindung von Steckverbindungen der Guss- oder PVC/PP-Rohre verwendet werden, sind ein Trennmittel. Und noch schlimmer: Kontaminationen durch Gleitmittel oder Silikone lassen sich mit dem alkoholbasierten Reinigungsmittel nicht entfernen.

Fittingmontage

Einstecktiefe

Ausmessen, Anzeichnen und Kontrolle der Einstecktiefe sind einfache Arbeitsschritte – ihre Missachtung kann jedoch drastische Konsequenzen haben, z. B. wenn Lageveränderungen durch äußere Kräfte auf die Verbindungsstelle während der Schweißung ggf. nicht wahrgenommen werden. Die Markierung der Einstecktiefen gegenüber dem Formstück ermöglicht es später auch Dritten (wie z. B. der Schweißaufsicht) zu kontrollieren, ob die Einstecktiefe korrekt ist. *Warum?* Wird das Rohr nicht komplett in den Fitting eingeschoben,

- verliert das Rohr seine Führung im Fitting, sodass es zu Winkel Fehlern kommen kann, ggf. in Verbindung mit Schmelzeaustritt und der Gefahr eines Schweißabbruchs;
- kann die innere kalte Zone des Fittings ihre Funktion nicht er-

füllen: Die Schmelze wird nicht gekammert und der Fügedruck in der Fügezone kann nicht aufgebaut werden;

- sind die Heizwendeln nicht vom Rohr überdeckt und es kann zu einer Wärmekonzentration kommen, die bei Formstücken mit hohem Leistungsbedarf sogar zu einer Selbstentzündung führen kann.

Spannungsarme Montage des Formstücks

Eine verspannte Einbausituation muss unbedingt vermieden werden. Dies lässt sich bei kleineren Dimensionen leicht nachweisen, indem eine montierte Schweißmuffe mit geringem Kraftaufwand auf den zu verbindenden Rohren gedreht werden kann.

Stellen Sie auch sicher, dass keine Winkelabweichungen der Rohre – in allen Achsen – gegenüber dem Formstück vorliegen. *Warum?* Eine verspannte Einbauweise führt zu einer Spannkonzentration. Während der Schweißung wird das Material von Rohr und Formstück im Fugebereich aufgeschmolzen und dabei auf Temperaturen von über 200 °C erhitzt. Durch die thermische Ausdehnung füllt sich zunächst der Fugespalt mit verflüssigtem PE, dann baut sich der Schmelzedruck auf. Überlagernde, äußere Spannungen können in dieser Phase zu Schmelzebewegungen führen, bis hin zum Austritt über die Kaltzonen des Fittings hinaus. Damit fehlt der Schweißparameter „Druck“, der neben den Parametern „Temperatur“ und „Zeit“ die Qualität der Schweißverbindung definiert. Mit der Bewegung der Schmelze können sich die Heizwendeln verschieben und damit zu einer lokalen Wärmekonzentration oder (bei Wendelkontakt) zu einem elektri-



Quelle: Aliaxis

Abb. 9: Werkzeugfrei sicher montiert: Druckanbohrventil mit integriertem Schnellspannhebel

und Gestaltungen von Fittings zu kennen und zu bewerten. Die aus dieser Kenntnis getroffenen Entscheidungen zum Einsatz bestimmter Fittingfabrikate im eigenen Versorgungsgebiet sind wichtiger Bestandteil eines umfassenden

Systems der Qualitätsüberwachung zum Bau und dem Betrieb von Rohrleitungssystemen aus Kunststoff.

Montagefreundlichkeit: Ein Beispiel für die Aufspannung eines Sattelformstücks

Anbohrarmaturen lassen sich werkzeuglos mit einem integrierten Schnellspannhebel (Abb. 9) montieren. Dabei schließt die Gestaltung der Kombination „Sattel und Spannsystem“ Montagefehler aus, gleichzeitig werden alle üblichen Toleranzen und Formabweichungen des Rohres durch die flexible Anpassung des Sattels sicher abgedeckt.

Fazit

Mit der erwarteten Veröffentlichung der aktualisierten Rohr-Systemnorm EN 1555, Teil 1 bis 7 wird eine solide Auslegungsgrundlage für die Gasverteilung geschaffen. Mit etwas zeitlichem Abstand wird die EN-12201-Serie für die Trinkwasser- und andere Druckanwendun-

INFORMATIONEN

schen Kurzschluss führen. Dabei kann es zu einer Materialschädigung durch Überhitzung bzw. zum Schweißabbruch kommen.

Ringbunde bieten den Vorteil großer Rohrstücklängen und erfordern damit weniger Verbindungsstellen. Dieser Vorteil hat jedoch seinen Preis, da Rohrkrümmung und Ovalisierung erhöhte Sorgfalt und entsprechende Mehrarbeit erfordern.

Restspannungen durch die Rohrkrümmung lassen sich gerade bei Ringbundware kaum aus dem Schweißbereich fernhalten, auch

nicht unter Einsatz von Einspannvorrichtungen. Hilfe bieten Rohrstücke von Stangen, die an die Ringbunden angeschweißt werden, ehe diese so verlängerten Rohrenden dann verbunden werden.

Auch werden heute Ringbunde mit einem geraden (nicht „gewickelten“) Rohrende angeboten, die damit die direkte Herstellung einer spannungsarmen Verbindung erleichtern. Bei tiefen Temperaturen helfen geeignete Wärmequellen, die von der Industrie angeboten werden, die Flexibilität der Rohre zu erhöhen und Spannungen abzubauen.

Abb. 12: Unmittelbar vor der Montage werden die Fügeflächen am Rohr für eine Muffenverbindung (links) bzw. die Sattelfugefläche einer Druckanbohrarmatur (rechts) gereinigt.



Quelle: Aliaxis



Quelle: Aliaxis

gen folgen. Der Werkstoff PE 100-RC findet damit nun auch Einzug ins Regelwerk. Trotz der jahrelangen (Praxis-) Erfahrung mit dem Werkstoff lassen sich dessen Materialeigenschaften nun auf Grundlage der akzeptierten Faktenlage anwendungstechnisch nutzen. Tatsächlich haben sich PE-Rohrsysteme, auch aus RC-Werkstoffen, in der Praxis als äußerst zuverlässig erwiesen, was durch die DVGW-Schadenstatistiken belegt wird.

Die Einhaltung der vorgegebenen Verarbeitungsparameter sowie die Durchführung einer sorgfältigen Schweißvorbereitung unter Berücksichtigung der Umweltbedingungen haben oberste Priorität für die Herstellung der Rohrverbindung (siehe Infokasten). Einen wesentlichen Beitrag hierzu leistet der beschriebene Dreiklang zwischen Produkt, Ausbildung und Überwachung. ■

Literatur

- [1] DIN 8074: Rohre aus Polyethylen, PE 80, PE 100 – Maße.
- [2] Schulte, U., Hessel, J.: Restlebensdauer von Kunststoffrohren nach einer Betriebszeit von 41 Jahren, in: 3R international (45), Heft 9/2006.
- [3] Hoang, E. M., Lowe, D.: Lifetime prediction of a blue PE100 water pipe, in: Polym. Degrad. Stabil. 2008 August, 93 (8), S. 1496–1503.
- [4] Scholten, F., Wolters, M., Wenzel, M., Wust, J.: Residual quality of first-generation gas and water pipes (PE). Proceedings of the 15th Plastics pipes Conference PPXV, September 2010.
- [5] Joint Position Paper of Teppfa and PE100+ Association: 100 years lifetime of Polyethylene pressure pipe systems buried in the underground for water in natural gas supply.
- [6] Umweltbundesamt: Bewertungsgrundlagen für Kunststoffe und andere organische Materialien im Kontakt mit Trinkwasser, 03/2019.
- [7] PAS 1075 (zurückgezogen): Rohre aus Polyethylen für alternative Verlegetechniken: Abmessungen, technische Anforderungen und Prüfungen.
- [8] Hessel, J., Niedree, G.: Erfahrungen bei der Umsetzung der PAS 1075, in: 3R International, Ausgabe 8/9-2010.
- [9] DVGW-Forschungsvorhaben G 3-01-14: Ermittlung von Grenzwerten und Mindestanforderungen für Werkstoffe und Rohre für raubettungstaugliche Rohre aus PE 100-RC.
- [10] Heyen, B., Maler, P., Schwigon, A., Büschel, K.: Netz- und Schadenstatistik Wasser – Ergebnisse aus den Jahren 2016 und 2017, in: DVGW energie | wasser-praxis, Ausgabe 9/2020, S. 48–55.

- [11] Lange, R., Schmidinger, J., Schwigon, A., Steiner, M.: Bestands- und Ereignisdatenerfassung Gas – Ergebnisse aus den Jahren 2011 bis 2017, in: DVGW energie | wasser-praxis, Ausgabe 6+7/2019, S. 22–31.
- [12] DVS-Richtlinie 2207-1, 08-2015: Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln aus PE.
- [13] DVS-Richtlinie 2203-6, Beiblatt 1: Prüfen von Fügeverbindungen aus polymeren Werkstoffen – Torsionsscher-, Radialschäl- und Linearscherversuch für Heizwendel- und Heizelementmuffen-Schweißverbindungen.
- [14] Eckes, M., Baudrit, B., Weißing, W.: Zerstörungsfreier Integritätstest für stumpfgeschweißte Kunststoffrohre auf der Baustelle – Bead-Bend-Back-Test, in: DVGW energie | wasser-praxis, Ausgabe 10/2020, S. 30–33.

Weiterführende Literatur

- Guide for the electrofusion jointing of larger diameter Polyethylene pressure pipes, Teppfa, AGU 2014-01.
- Kunststoffe Handbuch: Rohrleitungssysteme für die Ver- und Entsorgung sowie weitere Anwendungsgebiete, 4. Aufl., Essen 2000.
- Redmann, A.: Rohrsysteme aus PE 100-RC: technisch überzeugend und hygienisch einwandfrei, in: bbr Leitungsbau | Brunnenbau | Geothermie, Ausgabe 3/2020.



Quelle: Aliaxis

Abb. 13: Der Fitting wird spannungsfrei montiert und das Rohr dabei bis zur Markierung der Einstecktiefe eingeschoben (links). Anschließend kann die Schweißung gestartet werden (unten).



Quelle: Aliaxis

Die Autoren

Robert Eckert ist Manager Standards & Approvals bei der Aliaxis Deutschland GmbH in Mannheim.

Dirk Grahl ist Referent im Spezialservice Gas im Bereich Integrity Management der Westnetz GmbH in Recklinghausen.

Frank Hoppe ist Fachbereichsleiter Schweißtechnik bei der SPIE SAG GmbH in Alsfeld.

Leo Wolters ist Geschäftsführer der Abteilung Aus- und Weiterbildung am Institut für Kunststoffverarbeitung an der RWTH Aachen.

Kontakt:

Robert Eckert
 Aliaxis Deutschland GmbH
 Steinzeugstr. 50
 68229 Mannheim
 Tel.: 0621 486-2214
 E-Mail: robert.eckert@alixaxis.com
 Internet: www.alixaxis.com